DIE NATURWISSENSCHAFTEN

19. Jahrgang | 4. September 1931 | Heft 36

Über die Amylasen der Leukocyten[1].

Von Richard Willstätter und Margarete Rohdewald, München.

Leukocyten, aus Blut vom Pferd nach Hamburger frisch dargestellt, geben an Glycerin Amylase ab. Sie unterscheidet sich zu unserer Überraschung von der pankreatischen Amylase und von Speichelamylase scharf dadurch, daß sie nur bei Gegenwart von Phosphat wirkt, sie ist wirkungslos beispielsweise mit Acetatpuffer. Es gibt also Glykogen- und Stärkeabbau mit und ohne Beteiligung von Phosphorsäure. Diese ist durch Arsensäure ersetzbar, freilich unter Verminderung der Reaktionsgeschwindigkeit, viel weniger gut durch Weinsäure, nicht durch Zitronensäure.

Diese Amylase ist von viel geringerer Beständigkeit als die pankreatische. Ihr Wirkungsvermögen ist von der Konzentration der Phosphorsäure abhängig. Bei sehr geringer Phosphatkonzentration, aber nur unter diesen Bedingungen, läßt es sich zeigen, daß diese Amylase durch Calciumionen bedeutend aktiviert wird. Die von H. J. Hamburger beobachtete Aktivierung der Phagocytose durch Calciumionen ist also wahrscheinlich auf die Aktivierung der Glykogenspaltung zurückzuführen.

Isoliert man die Leukocyten nach dem Verfahren von Szilárd, wobei das Blut kurze Zeit zuerst sauerer, dann schwach alkalischer Reaktion ausgesetzt wird, so kommt es vor (beim Blut vom Pferd und vom Hund), allerdings nicht in gut reproduzierbarer Weise, daß an Stelle des beschriebenen ein davon präzis unterschiedenes Enzym auftritt, das gar keinen Unterschied gegenüber der Pankreasamylase erkennen ließ. Setzt man die nach Hamburger isolierten Blutzellen kurze Zeit zuerst schwach sauerer, dann schwach alkalischer Reaktion aus, so weisen die mit Glycerin bereiteten Enzymlösungen die Merkmale von Gemischen aus Phosphat-bedingender und Phosphat-nicht-erfordernder Amylase auf.

Es ist ein glücklicher Umstand für die Unterscheidung und Kennzeichnung der stärke- und glykogenspaltenden leukocytären Enzyme, daß es für sie ein so scharf unterscheidendes Merkmal wie das Phosphaterfordernis gibt. Es ist nicht das einzige. Neue charakteristische Eigenschaften kommen hinzu. Leukocytäre Amylasen sind zum Teil löslich in Glycerin, zum Teil unlöslich. Die mit Glycerin erschöpfend behandelten Zellreste sind nämlich noch in beträchtlichem Maße diastatisch wirksam. Leukocytäre Amylasen werden zum Teil durch Glycerin (schon bei mäßiger Glycerinkonzentration des Versuchsansatzes) völlig gehemmt, zum Teil sind sie nicht hemmbar. Leukocytäre Amylasen, die in Glycerin unlöslich sind, lassen sich zum Teil mit Phosphatlösung von $p_H = 8$ quantitativ eluieren, anderenteils gar nicht. Weniger gut wirkt Soda-Bicarbonatmischung, noch weniger gut Natriumacetat-Essigsäuremischung vom $p_H = 5{,}9$ eluierend.

Unlösliche und nicht eluierbare Amylase wird zum großen Teil durch Einwirkung von Papain bei $p_H = 5{,}9$ in Lösung übergeführt, anderenteils widersteht sie auch wiederholter Einwirkung des proteolytischen Enzyms und bleibt in den mit Glycerin, Alkaliphosphat und Papain erschöpfend behandelten Zellresten als wirksames Enzym zurück.

Ähnliches gilt von anderen Leukocytenenzymen, besonders von Maltase. Nach der Behandlung mit Glycerin finden wir in den Zellrückständen noch die ganze Maltasewirkung. Maltase wird daraus zum Teil durch Dinatriumphosphat eluiert und zu einem weiteren Teil durch Papain in Lösung gebracht. Dann aber ist in den letzten Zellresten immer noch etwas Maltase enthalten.

Um das Bild der leukocytären Amylase genauer zu zeichnen, ist es nötig, die Leukocyten nicht nur nach der Behandlung mit Glycerin zu untersuchen, bei welcher proteolytische Vorgänge nicht ausgeschlossen sind, sondern auch die frisch isolierten farblosen Blutzellen mit viel Aceton schlagartig zu trocknen, also unter Vermeidung von autolytischen Vorgängen. Solche Leukocytentrockenmasse gibt an Glycerin häufig gar keine Amylase, mitunter sehr wenig Amylase ab. Man muß sich erinnern, daß ganz ebenso getrocknete Pankreasdrüse ihren großen Gehalt an Amylase spielend leicht in Glycerin übergehen läßt. In den mit Glycerin behandelten Trockenleukocyten findet sich eine glycerinunlösliche Amylase, welche die vorhin angedeuteten drei unlöslichen Amylasen begleitet und sich von ihnen scharf unterscheiden läßt. Von jenen Amylasen ist ein Teil durch Phosphat eluierbar, ein zweiter Anteil zwar auf diese Weise nicht eluierbar, aber durch Papainwirkung auflösbar, eine dritte Fraktion nicht einmal durch Papain angreifbar. Beim Eluieren mit Phosphat und, falls man die Enzymfraktionen summiert, weiter beim Behandeln mit Papain nimmt die diastatische Wirkung der Zellreste sogar meistens zu, wahrscheinlich durch Entfernung von Hemmungskörpern. Alle drei glycerinunlöslichen Amylasen wirken bei Ausschluß von Phosphorsäure quantitativ ebenso wie bei Gegenwart von Phosphat. Alle drei werden von Glycerin völlig gehemmt. Hingegen ist die vierte glycerinunlösliche Amylase aus Trockenleukocyten, die sich neben den drei anderen nachweisen läßt,

[1] Vortrag, gehalten in der Bayer. Akademie der Wissenschaften, mathemat.-naturwissenschaftl. Abteilung, am 13. Juni 1931, mit Zusätzen ergänzt.

erstens phosphorsäureerfordernd und zweitens nicht hemmbar durch Glycerin. Wir unterscheiden also in den Leukocyten vier glycerinunlösliche Amylasen. Dasselbe Verfahren der Trocknung eignet sich zur Gewinnung von glycerinunlöslichem Trypsin aus Leukocyten.

Die Abweichungen zwischen den einzelnen Amylasen, auch zwischen löslicher und unlöslicher Malzamylase, sind gewiß durch Unterschiede in der Zusammensetzung des kolloiden Trägers bedingt. Wichtig ist es, daß nicht beliebige Übergänge, sondern ganz scharfe Abstufungen in den Eigenschaften, also auch in der Zusammensetzung vorkommen. Die Bindung der spezifisch aktiven Gruppe an hochmolekulare Stoffe, die mindestens zum Teil der Proteingruppe angehören, bedingt die Unlöslichkeit in Glycerin. Der proteolytische Abbau beginnt schon bei der Abtötung der frischen (wasserhaltigen) Leukocyten durch Toluol und Glycerin einzutreten. Glycerinlösliche Amylase entsteht wahrscheinlich erst durch einen autolytischen Vorgang. Das Löslichwerden des Enzyms im Experiment (und das Unbeständigwerden) ist also eine Folge des am kolloiden Träger einsetzenden proteolytischen Abbaus. Ein ähnlicher Vorgang wird die Bildung von löslichem Enzym in der Pankreasdrüse zum Zwecke der Sekretion sein.

Die alte Bezeichnung „Endoenzym" und namentlich „Exoenzym" ist ihrem Sinne nach hier nicht gut anwendbar. Es ist vielleicht vorzuziehen, die zusammengehörigen, im kolloiden Träger differenzierten Enzyme als „Desmo-amylasen" und „Lyo-amylasen" zu unterscheiden, von denen die ersteren durch Bindung an hochmolekulare Zellbestandteile unlöslich, die letzteren infolge von proteolytischem Abbau löslich sind. Die an den leukocytären Amylasen gewonnenen Erkenntnisse lassen im Zusammenhang mit den Erfahrungen aus unseren früheren Untersuchungen über Invertin neues Licht auf die so lange rätselhaften Vorgänge bei der „Freilegung" der Pilzenzyme, z. B. der Hefesaccharase fallen. In der lebenden Hefezelle ist sie als „Desmosaccharase" enthalten, die bei der Abtötung der Hefe sofort durch Proteolyse in „Lyo-saccharase" überzugehen beginnt. Wie Desmo- und Lyoamylase dürften sich unlösliches und lösliches Kathepsin und besonders das unlösliche, an und für sich schon aktive Trypsin der Leukocyten, das wir im vorigen Jahre aufgefunden haben, und das lösliche, Aktivierung erfordernde Trypsin der Pankreasdrüse von einander unterscheiden, nämlich in der Zusammensetzung des kolloiden Trägers. Auch die Beziehung zwischen Spermato- und Blasto-lipase des Rizinussamens ist ähnlich.

Die Deutsche Inlandeis-Expedition nach Grönland.

Von O. Baschin, Berlin.

Das große Unternehmen, über dessen Vorgeschichte und Anfangsstadien in dieser Zeitschrift [18, 162—163 u. 750 (1930)] berichtet wurde, hat inzwischen leider durch den Tod ihres Leiters, Professor ALFRED WEGENER, einen unersetzlichen Verlust erlitten. Da zur Zeit (Mitte August 1931) noch keine zusammenfassenden authentischen Veröffentlichungen über den Verlauf und die Ergebnisse der Expedition seitens der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft vorliegen, so kann man sich darüber nur an der Hand meist anonymer Zeitungsberichte und einiger Veröffentlichungen, namentlich in englischen und dänischen wissenschaftlichen Zeitschriften, ein Bild machen.

Die 14 Teilnehmer umfassende Expedition verließ Kopenhagen am 1. April 1930 auf dem Motorschiff „Disko", nahm in Island Pferde an Bord und traf am 15. April in Holstensborg ein, von wo die Weiterreise mit dem 400 Tonnen großen Expeditionsdampfer „Gustav Holm" nach Godthavn an der Südküste der Insel Disko erfolgte. Von dort ging es nordwärts bis zum Umanakfjord, dessen innere Verzweigungen Anfang Mai noch mit Meereis bedeckt waren, so daß der „Gustav Holm" 35 km westlich der Kamarujukbucht an der Eiskante vertäut werden mußte. Die außergewöhnlich tiefen Maitemperaturen verzögerten das Aufgehen des Eises, so daß man sich am 17. Juni zu Gewaltmaßregeln entschloß. Nach Anwendung von 65 Dynamitsprengungen durchbrachen WEGENER und der Schiffer OLSEN mit dem 10-Tonnen-Motorschoner „Hvidfisken" in zweitägiger schwerer Eisarbeit die Packeissperre. Es gelang in zwei Fahrten, das gesamte Expeditionsgepäck Mitte Juli zum Kamarujukgletscher zu schaffen, über welchem der Transport mit 25 Islandponies zu der Weststation auf dem Nunatak Scheideck erfolgte. Bereits am 15. Juli ging von dort eine Schlittenpartie, die aus Dr. GEORGI, Dr. LOEWE, Dr. WEIKEN und 9 Grönländern bestand, mit 12 Hundeschlitten zur Anlage des Winterquartiers der Station Eismitte ab. Dr. LOEWE kehrte etwa bei 200 km Entfernung von der Westküste zurück, während die anderen bis 400 Kilometer weiterfuhren, wo sie mit 4 Grönländern und 6 Hundeschlitten am 31. Juli eintrafen und die Station Eismitte einrichteten. GEORGI blieb zunächst allein dort, um mit den Beobachtungen zu beginnen, während WEIKEN mit den Grönländern in einem Tempo von etwa 67 km täglich zur Weststation zurückkehrte. Ein neuer Hundeschlittentransport von 8 Schlitten unter Führung von LOEWE erreichte die Eismitte am 18. August. Die niedrigste bis dahin von GEORGI gemessene Lufttemperatur hatte −35° betragen. LOEWE markierte den Weg alle 500 m durch schwarze Fähnchen, eine Methode, die sich durchaus bewährte, und legte täglich 45 km zurück. Inzwischen hatte man an der Weststation die schweren Propellerschlitten am 10. August nach ihrem endgültigen Montageplatz in 900 m Höhe hinaufgebracht. Am 5. September

begannen die Fahrten, und trotz der Last von 500 kg und eines Gegenwindes erreichten die Schlitten befriedigende Geschwindigkeiten. So konnte 90 km von der Küste entfernt ein Stapelplatz auf dem Inlandeise errichtet werden. Auf den Rückfahrten ohne Lasten bergab bewältigten die Schlitten 70 km in der Stunde. Auch die dänischen Forscher PETER FREUCHEN und Magister LARSEN, welche die Weststation besuchten, überzeugten sich von der Leistungsfähigkeit der Motorschlitten. Am 30. August ging ein dritter Transport mit SORGE, WÖLCKEN, JÜLG, 7 Grönländern und 10 Hundeschlitten nach Eismitte ab und traf dort am 22. September ein. Damals hatte GEORGI schon als Minimaltemperatur −40° gemessen, und nun blieb SORGE bei ihm, damit er während der Überwinterung nicht allein zu sein brauchte.

Jetzt aber trat eine entscheidende Wendung in dem Verlaufe der Expedition ein, über welche eine erst am 9. Dezember an der Weststation aufgegebene Radiomeldung WEIKENS Aufschluß gibt. WEIKEN hatte von der Station Eismitte die Nachricht mitgebracht, daß GEORGI und SORGE diese Station am 20. Oktober aufgeben würden, wenn sie kein weiteres Material für den Winter sowie wissenschaftliche Instrumente bekämen. Wenn also bis zum 20. Oktober keine weitere Hundeschlittengruppe bei ihnen eintreffen sollte, würden sie mit Hundeschlitten die Rückreise zur Weststation antreten. Da WEGENER eine derartige Reise zu so später Jahreszeit für undurchführbar erachtete, so hielt er es für geboten, seine Kameraden von diesem gefährlichen Vorhaben abzubringen. Er unternahm daher mit LOEWE und 13 Grönländern am 21. September mit 15 Hundeschlitten und 2000 kg Last eine Reise, um die Station Eismitte mit allem Nötigen endgültig zu versorgen. Er hoffte, die 400 km bis Mitte Oktober zurücklegen zu können. Aber schon nach 62 km Weges trat ein Wettersturz ein, der außerordentliche Kälte und 21 cm Neuschnee brachte. 9 Grönländer weigerten sich weiter mitzugehen und kehrten zurück, während WEGENER, LOEWE und 4 Grönländer den Marsch fortsetzten. Aber erst am 6. Oktober war ein Küstenabstand von 151 km erreicht, denn die Reisegeschwindigkeit wurde durch den Neuschnee auf ein geringes Maß herabgesetzt. WEGENER sah sich daher genötigt, noch 3 Grönländer zurückzuschicken, durch welche er der Weststation mitteilen ließ, daß man ihm von dort aus eine Hilfsexpedition entgegenschicken möge, die ihn am 21. November, spätestens aber bis 1. Dezember, beim Depot in 62 km Küstenabstand erwarten sollte. Dieser Anordnung entsprechend brachen WEIKEN, KRAUS und 2 Grönländer am 10. November mit Hundeschlitten auf, erreichten am 21. November das 62 km-Depot und stießen am 30. November sogar noch bis 80 km Küstenabstand vor, um die Wegmarkierung zu verbessern und ein Zwischendepot zu errichten. Da WEGENER ausblieb, verlängerten sie ihren Aufenthalt am 62 km-Depot noch bis zum 7. Dezember und führten dann die Rückfahrt zur Weststation beim Scheine des Nordlichts in einem Tage aus.

Die Tatsache, daß WEGENER an der verabredeten Stelle nicht eingetroffen war, erweckte in Deutschland natürlich schwere Sorge um sein Schicksal. Man tröstete sich aber mit der Annahme, daß er vermutlich auf der Station Eismitte verblieben wäre und dort mit seinen Kameraden überwintert hätte.

Die Motorschlitten, auf welche man nach den anfänglichen Erfolgen so große Hoffnungen gesetzt hatte, waren Ende September bei der Rückfahrt vom Inlandeis infolge Motorschadens liegengeblieben. Die Motoren wurden zwar später repariert, aber vier, im Oktober und November unternommene Versuche, sie zur Weststation zurückzubringen, scheiterten an den ungünstigen Schnee- und Wetterverhältnissen. Diesem Zwischenfall ist es zuzuschreiben, daß der Plan einer Überwinterung des Monteurs KRAUS mit einem Motorschlitten und Funkgerät an der Station Eismitte aufgegeben werden mußte.

Da die Reisemöglichkeiten auf dem Inlandeise während des Winters auf ein Minimum reduziert sind, so konnte erst Anfang April 1931 eine Hundeschlittenexpedition von der Weststation ausgesandt werden, die im ganzen 9 Tage unterwegs war und am 11. April zurückkehrte, nachdem sie in 120 km Küstenabstand 1300 kg Hundefutter und Reiseproviant deponiert hatte. Die Temperaturen sanken bis −41°, und die im Vorjahre angelegten Depots und Wegmarkierungen waren fast völlig eingeschneit. Am 23. April brachen WEIKEN, HOLZAPFEL und 5 Grönländer mit 7 Schlitten und 81 Hunden von der Weststation auf, um die Insassen der Station Eismitte zu retten. Es glückte ihnen auch, gegen Mitte Mai bis dorthin vorzudringen, wo sie folgenden Tatbestand feststellen konnten:

WEGENER, LOEWE und der Grönländer RASMUS waren von der 151 km-Station trotz tiefen Neuschnees, der die tägliche Marschleistung zeitweilig bis auf 5 km hinabdrückte, weitergegangen. Von 180 km ab wurde die Schlittenbahn besser, und das 200 km-Depot konnte mit Notproviant aufgefüllt werden. Am 24. Oktober waren 335 km zurückgelegt. Die Temperatur sank bis −54°, und LOEWE erfroren sämtliche Zehen, die später amputiert werden mußten. Die letzte Schlittenlast deponierten die Forscher 10 km vor der Station Eismitte, welche am 30. Oktober nach 40tägiger Reise mit 3 Schlitten und 20 Hunden ohne Proviant erreicht wurde. Nach $1^1/_2$ tägiger Ruhepause gingen WEGENER und RASMUS auf Skiern am 1. November mit 2 Schlitten und 17 Hunden zur Weststation zurück. WEGENER beabsichtigte, täglich etwa 20 km zurückzulegen. 225 km von der Weststation wurde WEGENERS Schlitten, bei 189 km seine Skier im Schnee aufgestellt gefunden. Beim Nachgraben entdeckte man auch

seine Leiche, in Decken und Felle sorgfältig eingenäht. Sein Tod muß um die Zeit des 20. November 1930 eingetreten sein. WEGENERS Aufzeichnungen und Tagebücher dürfte sein Begleiter RASMUS mitgenommen haben, dessen Spuren noch weiter westwärts bis 155 km Küstenabstand verfolgt werden konnten, sich aber dann im Schnee verloren. Man sucht eifrig nach seiner Leiche, weil man hofft, bei ihr die Tagebücher sowie Aufzeichnungen über WEGENERS Todesursache zu finden.

Die Überwinterung in der Eishöhlenwohnung der Station Eismitte verlief programmäßig. Es konnten vollständige Registrierungen von Luftdruck, Feuchtigkeit und Temperatur gewonnen werden, welche letztere bis −65° sank. Von Oktober bis März waren aerologische Arbeiten unmöglich, aber außerhalb dieser Zeit wurden 12 Pilotballonaufstiege bis 13000 und 10 Fesselballonaufstiege bis 4500 m Meereshöhe durchgeführt. Die Witterung war sehr unbeständig. Kälteperioden mit Ostwind und wärmere Schneesturmperioden mit Westwind bis 20 m pro sec. wechselten ab.

Noch im Laufe des Mai gelang es, die Insassen der Station Eismitte mit Hunde- und Motorschlitten nach der Weststation zurückzubringen. Dabei legten die jetzt wieder verwendungsfähigen Propellerschlitten die 400 km bis zum Eisrande mit 4 Mitgliedern der Expedition und 2 Grönländern in 14 Stunden Fahrzeit zurück.

Anfang Juni reiste WEGENERS Bruder, Professor KURT WEGENER, nach Westgrönland ab, um im Auftrage der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft die Leitung der verwaisten Expedition zu übernehmen. Er ist Anfang Juli auf der Weststation eingetroffen.

Die Ostgruppe unter Leitung von Dr. KOPP war mit „Gertrud Rask" nach Durchquerung des breiten Packeisgürtels vor der Ostküste Grönlands in der ersten Augusthälfte 1930 bei der dänischen Kolonie Scorasby-Sund eingetroffen. Die ursprüngliche Absicht, die Station in Heklahavn, ungefähr in der Mitte des Sundes, einzurichten, mußte zunächst aufgegeben werden, da der Sund noch mit Wintereis bedeckt war. Man blieb deshalb zunächst in der Kolonie und baute in deren Nähe die aerologische Station auf, an welcher seit dem 8. August Registrierballonaufstiege bis 4 km Höhe gemacht wurden. Später konnte die Oststation in der Nähe der Nordostbucht des Scoresby-Sundes in Betrieb gesetzt und vom 26. Oktober 1930 bis 2. Mai 1931 meteorologische Arbeiten ausgeführt werden. Im ganzen wurden 210 aerologische Aufstiege bewerkstelligt, die auch in der Winternacht keine Unterbrechungen erfuhren. Die tiefste Märztemperatur betrug −40°. Am 11. Mai mußte die Oststation verlassen werden, da der Proviant zu Ende ging, von dem acht Kisten durch Seewasser verdorben waren, und am 17. Mai erreichte die Ostgruppe wohlbehalten die Kolonie Scoresby-Sund.

Wie schon eingangs erwähnt, ist es zur Zeit immer noch nicht möglich, sich ein ausführliches Bild von dem Verlauf der Expedition und den Leistungen ihrer drei Gruppen an Westküste, Eismitte und Ostküste zu machen. Zweifellos haben alle Teilnehmer unter Aufbietung der letzten Kräfte ihr Bestes getan, aber die ungünstigen Witterungsverhältnisse, insbesondere der späte Aufgang des Fjordeises im Sommer 1930 und die im Herbst einsetzenden Schneestürme schufen Widerstände, gegen welche menschliche Kräfte machtlos waren.

* * *

Von ganz besonderer Tragik ist der Tod Professor ALFRED WEGENERS, in dem nicht nur die Expedition ihren Leiter, sondern auch die Polarforschung einen ihrer Heroen verloren hat, der zweifellos der beste Kenner des grönländischen Inlandeises war. Aber darüber hinaus haben die geographische Wissenschaft und manche ihrer Teildisziplinen einen Bahnbrecher von hohem Rang zu beklagen. ALFRED WEGENER muß als eine geradezu typische Verkörperung des Genies im Sinne SCHOPENHAUERS angesprochen werden, denn er entwickelte schon früh jene Eigenschaften, die ihn befähigten, seine Gedankengänge von dem hergebrachten Schema loszulösen und in eigener Geistesarbeit die schwierigsten Probleme zu bearbeiten, denen folgen zu können vielen seiner Fachgenossen versagt blieb. Seine wissenschaftlichen Qualitäten vereinigten sich mit ausgezeichneten menschlichen Eigenschaften zu einer Persönlichkeit von seltener Harmonie, großer Liebenswürdigkeit und tiefinnerlicher Vornehmheit. Niemals ließ er sich, auch in der Zeit schärfsten geistigen Kampfes, selbst in vertrautem Gespräch zu einer abfälligen Bemerkung über seine Gegner hinreißen, weil es ihm stets nur um die Sache zu tun war, der er sein Leben gewidmet und schließlich geopfert hat.

Fitz Roy. Ein Beitrag zur Geschichte der Polarfronttheorie.

Von ALEXANDER DIECKMANN, Berlin.

1. Wenn scheinbar[1] unvermittelt, gleichsam ohne Verknüpfung mit früheren Erkenntnissen auf irgendeinem Gebiet neue, umwälzende Anschauungen bekannt werden, die schnell zu weiter Anerkennung kommen, wird der Versuch berechtigt sein, die neuen Anschauungen mit alten zu verbinden, sowohl vom Standpunkt dessen aus, der die zurückliegenden Erkenntnisse nur so weit wertet, als sie in mehr oder weniger großem Umfang in neueren Auffassungen beibehalten werden, als auch von dem Standpunkt aus, daß eine frühere

[1] H. v. FICKER, Polarfront, Aufbau, Entstehung und Lebensgeschichte der Cyklonen. Met. Z. 1923, 65/79.

Zeit in ihren Anschauungen und Methoden geschlossen für sich erfaßt werden soll.

Seit den grundlegenden Veröffentlichungen von BJERKNES zur Polarfront- und Cyklonentheorie konnten bereits eine Anzahl von Marksteinen an dem Wege gefunden werden, der zu den zunächst völlig neu erscheinenden Anschauungen führt, die eine für überwunden gehaltene mit der herrschenden Lehre vereinten, die Anschauungen von DOVE und der synoptischen Meteorologie zur Synthese brachten. Die vielfältige Gleichartigkeit der Lehre von DOVE und BJERKNES läßt MYRBACH in DOVE den „kongenialen Vorläufer" BJERKNES' sehen[1]. Das Schicksal der diesbezüglichen Theorie von DOVE ist bekannt. Einige Jahrzehnte nach der Veröffentlichung seiner grundlegenden Arbeiten begann man tägliche Wetterkarten zu zeichnen. Der im Augenblick gleichzeitiger Beobachtungen gewonnene Einblick in den Zustand der Atmosphäre hinsichtlich der synoptischen Luftdruckverteilung wurde zur Grundlage der Prognose und für die Ursache der Erscheinungen des Wetters schlechthin genommen. Dagegen hatte DOVE schon die richtige Erkenntnis, daß Luftdruckminima und Luftdruckmaxima nur als Erscheinungen des Tropik- bzw. Polarstromes anzusehen seien. Ebenso betonte er die Notwendigkeit, fortlaufend die Vorgänge in der Atmosphäre zu verfolgen, was später v. FICKER im Sinne einer ständigen Überwachung als unerläßlich begründete.

DOVE galt für überwunden. WILHELM BLASIUS[2] kam gar nicht zur Geltung. Dabei fehlte seinem Lehrgebäude nur die klare Anschauung über das Wesen der heutigen „Kaltfront". Von ihm zu MARGULES und EXNER u. a. wäre ein Schritt gewesen. Zwischen DOVE und BLASIUS soll hier, zeitlich gesehen, ein Baustein in die Geschichte der Polarfronttheorie eingefügt werden: die Anschauungen von FITZ ROY. Der Blickpunkt auf den neuesten Stand der Kenntnisse ist von selbst gegeben. Es ist eine spätere Aufgabe für eine umfassende Geschichte der Polarfronttheorie, wie weit die einzelnen Forscher aufeinander befruchtend eingewirkt haben, wie Erkenntnisse verlorengingen und wiedergewonnen sind, wie im stillen Schritt für Schritt mit den Methoden des Empirikers ebenso gearbeitet wurde, wie man das Recht einer deduktiven Behandlung des Problems beanspruchte. Hier erfolgt mehr die zeitliche als die systematische Einordnung.

Weitgehend an DOVE anknüpfend, mußte FITZ ROY mit DOVE fallen. Er galt nur noch als Förderer der Organisation des öffentlichen Wetterdienstes, wozu er den amtlichen Auftrag der englischen Regierung hatte. H. HILDEBRANDSSON[3] würdigt ihn nur als Organisator, obwohl DOVE u. a. in ihrer Bedeutung für die Fortschritte unserer Kenntnis von Aufbau und den Veränderungen der Atmosphäre voll berücksichtigt werden. Das Werk von HILDEBRANDSSON erschien allerdings zu einer Zeit (1907) der Blüte der synoptischen Meteorologie. Es ist aber erstaunlich, daß auch SHAW[1] nur von FITZ ROY in seiner Bedeutung für die Meteorologische Organisation spricht. Das kann nur auf der Annahme beruhen, er sei über die Vorstellungen DOVES nicht hinausgekommen oder habe sie nicht weiterentwickelt. Wie er aber tatsächlich die Lehre DOVES über die atmosphärischen Vorgänge selbständig ausgestaltet, möge hier kurz auf Grund seines vor allem für den Praktiker des Wetterdienstes geschriebenen Buches[2] dargestellt werden.

2. FITZ ROY geht wie DOVE aus von den beiden „breiten und langen" Strömungen, dem Polar- und Tropikstrom, die „immer in nahezu entgegengesetzter Richtung" nebeneinander fließen oder sich in verschiedenen Richtungen übereinander kreuzen und einander mehr oder weniger vermischen. Auf Grund des vergleichenden Studiums der gleichzeitigen Beobachtungen aus dem Jahre 1857 kommt er zu der Auffassung, daß man der horizontalen Ablenkung der Luftströme bisher zu wenig Beachtung geschenkt und diese nicht hinreichend erklärt habe. „In unserer Zone gibt es keinen wahren Ostwind, der aus beträchtlicher Entfernung direkt von Osten kommend nach Westen weht. Durch Bodengestaltung und Erdrotation abgelenkte Polarwinde werden mehr oder weniger östlich. Wenn eine tropische Strömung vordringt, vermischen sich ihre Ausläufer mit der nachgebenden schwächer werdenden entgegengesetzten (Polar-) Strömung, lenken sie ab und drehen sie (selbst von der Bodengestalt beeinflußt) nach südöstlicher Richtung, bevor sie über südliche und südwestliche Richtungen kommen" (S. 109). Diese allgemeinen theoretischen Auffassungen, wobei er ausdrücklich für sich in Anspruch nimmt, die Konfiguration der Erdoberfläche in ihrer Bedeutung für den Weg von Luftmassen erstmalig in die Diskussion eingeführt zu haben, sind bildlich in einem sehr anschaulich bunt angelegten Diagramm (Fig. 1, im Orig. Diagramm 6) dargestellt, wobei die Tropikluft rot, die polare Luft blau gezeichnet ist. Verschiedene Tönung soll die relative Energie der einzelnen Ströme zeigen. In dieser Wiedergabe ist die Tropikluft durch ausgezogene Linien, die Polarluft durch unterbrochene Linien wiedergegeben: Ein polarer Strom (Fig. 1) von mäßiger Energie weht über England und würde seine südwestliche Richtung längere Zeit beibehalten, wenn nicht ein kräftig vorstoßender tropischer Luftstrom ihn ablenken und in östliche und dann

[1] O. MYRBACH, Die Polarfront und — Dove. Met. Z. **1921**, 129/134.

[2] H. v. FICKER, Das Meteorologische System von WILHELM BLASIUS, Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. **33** (1927) und Naturwiss. **1928**, 645/52.

[3] H. HILDEBRANDSSON, Les bases de la Météorologie dynamique **1**, Paris 1907. (Mit Reproduktion der Wetterkarte vom 25. X. 1859, The Royal Charter Storm.)

[1] N. SHAW, Manual of Meteorology **1**. Cambridge 1926.

[2] FITZ ROY, The Weather Book, 2. Auflage, London 1863, 8°, 480 S.

südöstliche Richtungen drängen würde. Der südlich wehende Polarstrom wird von der meist stärkeren Tropikluft aufgespalten, abgedrängt und schließlich „geschluckt". Dieser vorherrschende Zustand veranlaßt die fast beständige Aufeinanderfolge von tropischer und polarer Luft (Parallelströme) hintereinander und in ihrer gegenseitigen Beeinflussung die wechselnden Erscheinungen des Wetters. Soweit unter der Annahme, daß der tropische Strom normalerweise der stärkere ist, die theoretische Anschauung von FITZ ROY.

Wie gestaltet sich die Wirklichkeit? FITZ ROY das Verfahren erlaubten. Nicht jeder Punkt des Bildes also ist durch tatsächliche Beobachtung gedeckt. Immerhin unternimmt FITZ ROY den Versuch, die theoretischen Anschauungen in Terminbeobachtungen (9 Uhr morgens) bestätigt zu finden, wobei auch er betont, daß der augenblickliche Befund vor allem erst aus den vorhergehenden Verhältnissen heraus einen Schluß für die Prognose zulasse. Der Charter Storm wird nun erklärt als Wirbel zwischen zwei entgegengesetzten Windströmungen. Er nimmt an Kraft ab, sobald die Energie der beiderseitigen Ströme abnimmt. Es

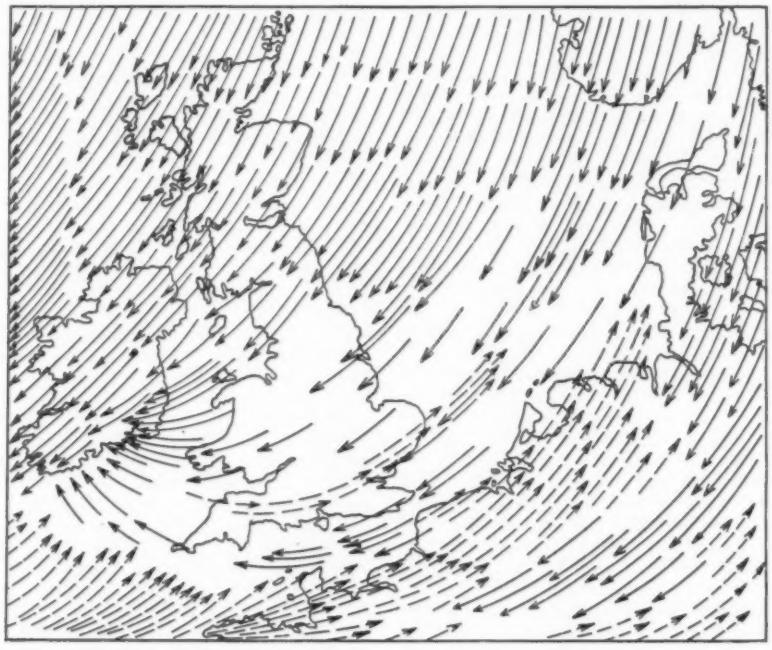


Fig. 1.

bezieht sich auf den in der damaligen Literatur so häufig unter dem Namen „The Royal Charter Storm" vom 26. Oktober 1859 besprochenen Sturm. Man konnte den Sturm eingehend verfolgen, weil er in einem Gebiet (England, Kanal) auftrat, von dem zu der Zeit besonders umfangreiches Beobachtungsmaterial zur Verfügung stand. Die Wetterkarte des Sturmes, die auch Angaben über Temperatur, Bewölkung, Niederschlag und Luftdruck enthält, ist als Grundlage benutzt, um die Strömungsverhältnisse polarer und tropischer Luft darzustellen. Allerdings hält sich dieses Diagramm (Abb. 2, Orig.-Diagramm 7) nicht ganz genau an die Karte. An einzelnen Stellen ist eine Interpolation vorgenommen worden, wenn einzelne Meldungen, vor allem Schiffsmeldungen, darf nicht angenommen werden, sagt ROY, daß die Wirbel, die auf der Figur zu erkennen sind, selbständige Gebilde darstellen, vielmehr handelt es sich nur um den einzigen großen Wirbel, der durch das Aufeinanderprallen zweier sehr mächtiger Luftmassen entstanden ist. Heute würde man unter jenen kleinen Wirbeln wohl Randstörungen verstehen. „Da die Nordwesthälfte des Cyklons (genauer von NE—SW) hauptsächlich von der kalten, trockenen, schweren Polarströmung beeinflußt scheint und die SE-Hälfte offenbar die Auswirkungen tropischer Luft zeigt (warm, feucht, leicht), werden die Stellen, über welche die eine Hälfte des Cyklons hinwegzieht, anders betroffen als die Orte, die der andere Teil desselben atmosphärischen Wirbels berührt, während der Bereich

selbst bestimmt wird durch das Aufeinandertreffen (Diskontinuitätsfläche, Anm. v. Verf.) sehr ausgedehnter Luftmassen, die nahezu in entgegengesetzter Richtung vordringen und deren eine allmählich die andere abdrängt oder sich mit ihr vereinigt. Die fühlbaren Auswirkungen auf der polaren Seite eines Cyklons sind — ständig von dort ergänzt — Abkühlung, Austrocknung und Reinigung der Luft, verbunden mit Barometeranstieg und einem Fallen des Thermometers, indessen auf der tropischen oder äquatorialen Seite überwältigende, feuchte Warmluftmassen, genährt aus

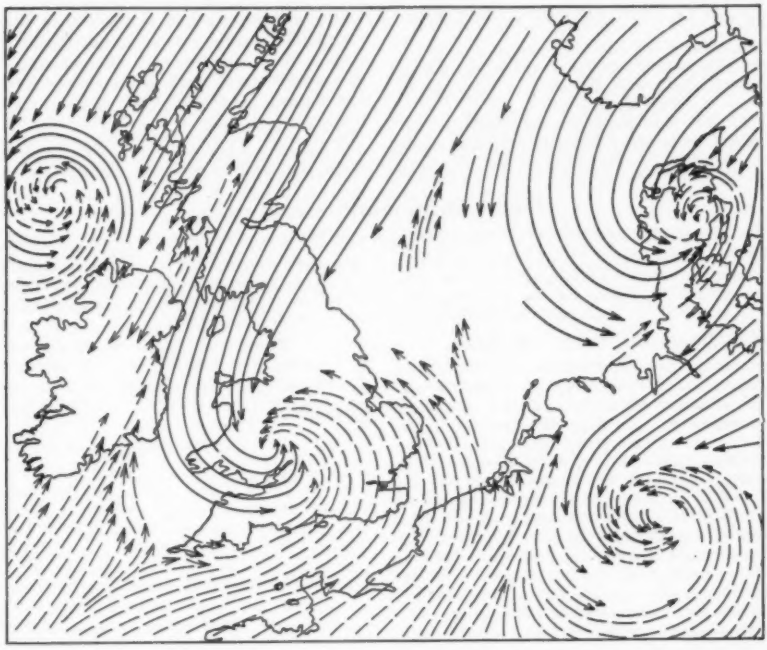


Fig. 2.

vergleichsweise unerschöpflichen Quellen, nach NE vorstoßen, solange ihre Stoßkraft anhält, um dann von der widerstreitenden Polarströmung abgekühlt, getrocknet und mit ihr vermischt zu werden" (S. 300/301). Damit hat FITZ ROY die allgemeinen Anschauungen für den täglichen Wetterdienst nutzbar gemacht unter Ergänzung der DOVEschen Lehre, daß ihre Parallelströme mit den Wirkungen der horizontalen Ablenkung der Luftmassen zu kombinieren seien, um so auf Grund physikalischer Kenntnisse und unter Berücksichtigung der Oberflächengestaltung der Erde eine Prognose zu ermöglichen. Das anschauliche Diagramm könnte heute noch zu instruktiven Zwecken dienen! Die Wirkungen der Konfiguration der Erdoberfläche sind aber nach FITZ ROY nicht nur im kleinen für die tägliche Prognose zu beachten, insofern, als sie mit der horizontalen Ablenkung auch eine Deformation der Wirbel verursachen, die wohl über einer weiten Ebene oder über dem Meere kreisförmig oder von ähnlicher einfacher Form sein könnten, über anders gestalteten Landflächen aber immer starke Deformationen erleiden müssen. Er wendet diesen Gedanken auch auf das große Geschehen an und legt sich die Frage vor, ob die Luftdruckgebilde Erscheinungen ununterbrochen in mittleren Breiten um die Erde laufender Wellen seien, also die Frage nach der Existenz der Polarfront. Diese Frage tauchte auf bei der vergleichenden Untersuchung der Beobachtungen vom Jahre 1857. Er hatte nämlich gefunden, daß nicht immer ein ständiges Hintereinander von parallelen Strömen vorhanden ist. Es kamen Fälle vor, wo entweder Tropikluft oder Polarluft allein den ganzen Raum zwischen Tropen und Arktischem Gebiet ausfüllten, so daß nicht mehr von einem zungenförmigen Ineinandergreifen der verschiedenen Luftmassen gesprochen werden konnte. FITZ ROY nimmt daher an, daß man nicht grundsätzlich eine beständige mehr oder weniger harmonisch ausgestaltete Wellenbewegung rund um den Pol in mittleren Breiten postulieren darf, da erfahrungsgemäß nicht immer ein Hoch einem Tief entspricht. Er glaubt, daß ein plötzlich eintretender

Schub, der Vorstoß der einen oder anderen Luftmasse, wobei der Tropikluft durchweg der Vorrang zukommt, den Anlaß zur Wirbelbildung gebe, wobei eben der Oberflächengestaltung der Erde große Bedeutung zukomme. Auch hier geht Fitz Roy über Dove hinaus, wenngleich ebenfalls nur im Rahmen von Vermutungen, die er selbst nicht sachlich unterbaut. Lange Zeit später gelingt es bekanntlich Exner[1], die präzise und exakt belegte „Tropfentheorie" mit ähnlichem Grundgedanken auf sichere Basis zu stellen und den Nachweis zu führen, daß die Helmholtzschen Wellen für die Cyklonenbildung[2] nicht ausreichend sind. Ist auch Fitz Roy nicht zur Begründung seiner Anschauungen gekommen, hat er doch die Lehre Doves von den äquatorialen und polaren Luftströmungen selbständig erweitert, so daß ihm ein Platz in einer Geschichte der Polarfronttheorie nicht verwehrt werden kann. Die zeitliche Entwicklung unserer Kenntnisse von der Polarfront und Cyklonentheorie ist also folgenden Weg gegangen: Erst die phantasievolle Ausgestaltung des Lehrgebäudes, dann in vieler Einzelarbeit ihre theoretische und empirische Begründung, vor allem durch die österreichische Meteorologenschule, darauf die Kombination der alten, in neuer Zeit begründeten und ausgestalteten Lehre mit der inzwischen aufgekommenen synoptischen Meteorologie. Im ganzen wurde versucht, mit dieser Notiz nicht etwa eine historische Vorbemerkung oder eine Prioritätsfeststellung[1], sondern einen Beitrag zu den Lehren und Methoden einer zurückliegenden Epoche zu geben.

[1] F. M. Exner, Über die Entstehung von Barometerdepressionen höherer Breiten. Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl. 1911 — Dynamische Meteorologie, 1. Auflage, Leipzig 1917.

[2] F. M. Exner, Sind die Cyklonen Wellen in der Polarfront oder Durchbrüche derselben? Met. Z. 1921, 21. (Weitere Literatur s. bei H. v. Ficker, Met. Z. 1923).

[1] Vgl. A. Meyer, Arch. f. Geschichte der Mathematik, der Naturwiss. u. der Technik 10, 37/53 (1928).

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *kurzen Originalmitteilungen* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken. Bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Zur Kernabsorption harter γ-Strahlen.

Untersuchungen über die Streuung von γ-Strahlen des ThC″ haben zur Entdeckung einer neuen Streustrahlung bei schweren Elementen geführt mit einer Wellenlängenänderung, die nur als Resultat eines *Kernprozesses* zu verstehen ist. Es liegt nahe, für den Kern eine Anregung anzunehmen, — die auch mit einer Zertrümmerung verbunden sein kann — mit darauffolgender Emission von einem oder mehreren Quanten.

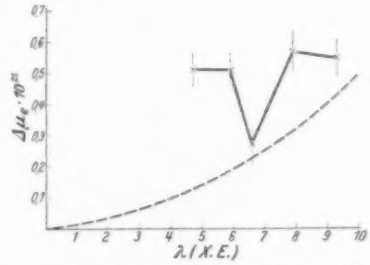
Wenn wirklich ein solches Kernanregungspotential oder Zertrümmerungspotential besteht, muß der Gang des Absorptionskoeffizienten μ der gestreuten ThC″-γ-Strahlung für verschiedene Winkel bei der entsprechenden Wellenlänge einen Sprung zeigen. Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis eines Streuversuches (nach der Ionisationsmethode mit Rd-Th von 5 mg Ra-Äquivalent), dabei ist $\Delta\mu_e$ die Differenz der Absorptionskoeffizienten per Hüllenelektron für Pb und Al.

Tabelle.

Streuwinkel	0°	18°	23°	30°	36°
λ (X. E.) . .	4,7	5,9	6,6	7,9	9,3
$\Delta\mu_e \cdot 10^{25}$.	0,51	0,51	0,47	0,57	0,55

In der Figur ist außer den der Tabelle zu entnehmenden Meßwerten die extrapolierte empirische Funktion der Photoabsorption durch Hüllelektronen nach L. H. Gray als gestrichelte Linie eingezeichnet. Die kurzen vertikalen Linien sind ein Maß für die durch die statistischen Strahlungsschwankungen hervorgerufenen Fehler. Zwischen $\lambda = 5{,}9$ und 6,6 X. E. erscheint ein Sprung angedeutet, der in Wirklichkeit vielleicht schärfer ist, wenn man die geringe verfügbare Auflösung bedenkt. In der Nähe von $\lambda = 8$ X. E. kann ein zweites, allerdings unsichereres, Anregungspotential liegen.

Obgleich aus den vorliegenden Ergebnissen die Existenz plötzlicher Sprünge in der Absorptionskurve nicht zwingend folgt, ist ein Minimum von $\Delta\mu_e$ in der Nähe von $\lambda = 6$-7 X. E. und damit die Existenz einer *Kernabsorption* als gesichert anzusehen. Letztere kann vielleicht teilweise als Ergebnis eines Kernphotoeffektes gedeutet werden.



Für sein Interesse an den vorliegenden Untersuchungen bin ich Herrn Prof. Dr. G. Hoffmann zu großem Dank verpflichtet. Ich danke ihm für die Bereitstellung von Instrumenten, die teilweise aus Mitteln der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft beschafft wurden und der China Foundation für ein Stipendium.

Halle/S., Physikalisches Institut der Universität, den 25. Juli 1931. C. Y. Chao.

Unterdrückung der Grundumsatzerhöhung bei Schilddrüsenzufuhr.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Schilddrüsenforschung besteht in der Auffindung von Hilfsmitteln zur Bekämpfung der Hyperthyreose. Als sehr brauchbar dafür erwies sich früher die Auswahl einer geeigneten Ernährungsart. Durch Zufuhr bestimmter Nahrungs-

mittel gelang es, die thyreotoxische Stoffwechselstörung erheblich abzuschwächen [Biochem. Z. 228, 165—232 (1930)]. Bei weiterer Verfolgung dieser Befunde ist es nun möglich geworden, die Grundumsatzerhöhung auf einen geringen Rest von etwa 15% herabzusetzen, oder sogar dieselbe vollständig zu unterdrücken. Ratten wurden zuerst bei Milch-Brot-Gemüse-Fütterung so weit hyperthyreoidisiert, daß die Grundumsatzerhöhung 90—100% betrug. Darauf bekamen die Tiere bei fortgesetzter Darreichung der gleichen Schilddrüsenmengen eine Nahrung, bestehend aus Casein, Hafer-Gerstenmehl, Lebertran, Knochenmark, Gehirn, Gemüsepulver, Salzmischung, Eigelb. Zugleich wurden kleine Mengen (höchstens 50—100 mg pro die) Dijodtyrosin verabreicht[1]. In allen bisherigen Versuchen sank dann der Grundumsatz bis auf Werte von +5, +10, +15, höchstens +20%. In einigen Fällen ging die Grundumsatzerhöhung vollkommen zurück. Es wurden mehrmals selbst Minuswerte von 5 oder 8% erreicht (trotz Dauerzufuhr von Thyreoidea!). Parallel dazu schwanden auch die Vergiftungserscheinungen: die Atemfrequenz wurde wieder normal, die Tiere wurden ruhig, schliefen viel, schwitzten nicht, nahmen an Körpergewicht zu, trugen ein schönes glänzendes Haarkleid. Die Dosierung des Dijodtyrosins ist sehr wichtig. Übermäßige Mengen können den Hyperthyreoidismus verstärken. In derartigen Fällen muß die Dijodtyrosinzufuhr sofort unterbrochen werden. Auf die hohe, vielleicht entscheidende Bedeutung des Dijodtyrosins für die Wirkung des Schilddrüsenhormons mag auch hier nachdrücklich hingewiesen werden.

Durch eine der obenerwähnten ähnliche Nahrungszusammensetzung ließen sich auch bei einigen Basedow-Patienten unverkennbare Besserungen erzielen.

Bern, Physiologisches Institut der Universität, den 3. August 1931. I. Abelin.

Aufbau von Atomkernen.

Vor kurzem konnten wir zeigen, daß eine Reihe von Leichtelementen bei Beschießung mit α-Strahlen eine harte γ-Strahlung aussenden, welche nur durch Kernprozesse erklärt werden kann[2]. Die intensivste dieser Strahlungen, d. i. die von Beryllium ausgesandte, haben wir nun etwas genauer auf ihr Durchdringungsvermögen untersucht, um Anhaltspunkte für ihre Wellenlänge und Energie zu erhalten.

Die sonst bei Absorptionsmessungen übliche Blendenanordnung konnte hier wegen des großen Durchdringungsvermögens und der geringen Intensität der Strahlung nicht angewandt werden. Statt dessen wurden Strahlenquelle und Spitzenzähler in 21 cm Entfernung übereinander möglichst frei im Raume aufgestellt, halbwegs zwischen beiden hing an einem dünnen Draht der Absorber (7 cm Eisen oder Blei), welcher die Form eines Kegelstumpfes hatte, so daß er das durch Strahlenquelle und Zähler definierte Strahlenbündel gerade abfing. Nur so war es möglich, die Korrektionen für mitgemessene Streustrahlung auf ein erträgliches und abschätzbares Maß herabzudrücken. Ergebnisse:

7 cm Pb lassen hindurch: Be-Strahlung (36 ± 12)%
7 cm Fe lassen hindurch: Be-Strahlung (61 ± 10)%
7 cm Fe lassen hindurch: Ra-Strahlung (5 ± 1)%

Nimmt man an, daß die Absorption in Eisen auf Zerstreuung gemäß der Formel von Klein und Nishina beruht, so ergibt sich daraus die Energie der Be-Strahlung zu $14 \cdot 10^6$ e-Volt ($\lambda = 0{,}9$ X.E.); dabei entspricht dem oben angegebenen mittleren Fehler der Absorptionsmessung ein Energiebereich von $9—22 \cdot 10^6$ e-Volt ($\lambda = 0{,}55—1{,}35$ X.E.).

Eine größere Genauigkeit ließ sich wegen der notwendigerweise sehr „lichtschwachen" Anordnung vorläufig nicht erreichen. Indessen genügt das Ergebnis zur Entscheidung der Frage, ob das α-Teilchen bei dem Prozeß eingefangen wird oder nicht.

Soll das α-Teilchen von der Anfangsenergie $5{,}2 \cdot 10^6$ e-Volt nach dem Prozeß positive Energie behalten, so stehen bei Berücksichtigung der Mitbewegung des Be-Kernes maximal $3{,}6 \cdot 10^6$ e-Volt für die γ-Strahlung zur Verfügung. Unter unseren Versuchsbedingungen könnten dann durch 7 cm Fe nicht mehr als 26% der γ-Strahlung hindurchgehen, was sicher außerhalb der Versuchsfehler liegt. Somit wird bei dem Prozeß mehr Energie abgegeben, als jener oberen Grenze entspricht, das α-Teilchen muß also nach dem Prozeß *negative* Energie haben, was nur so möglich ist, daß es in den Be-Kern hineinfällt Da der Be-Kern nicht zertrümmerbar ist, also keine sekundäre Korpuskularstrahlung aussendet, kann man mit gutem Grund schließen, daß der Vorgang eine einfache Kernsynthese darstellt: $Be_9 + \alpha = C_{13}$.

Der Vergleich der Ergebnisse mit Fe- und Pb-Absorber lehrt, daß die Absorption pro Elektron beim Pb rund 60% größer ist als beim Fe. Derselbe Effekt, wenn auch weniger ausgeprägt, ist bekanntlich schon bei den erheblich weicheren natürlichen γ-Strahlen beobachtet worden[1]. Nach Analogie mit diesen Erfahrungen ist anzunehmen, daß auch die Absorption unserer Strahlung im Eisen noch etwas größer ist als der für freie Elektronen gültigen Formel von Klein und Nishina entspricht. Dieser Umstand würde die gemessene γ-Energie zu klein erscheinen lassen und kann daher die Stichhaltigkeit der obigen Argumentation nur erhöhen.

Es seien E_{Be} und E_C die Bindungsenergien des Be_9- und C_{13}-Kernes (also z. B. E_{Be}/c^2 der Massendefekt des Be_9 in Gamowscher Rechnungsweise); E_γ sei die gemessene Energie eines γ-Quants. Rechnet man die Energien in 10^6 e-Volt, so lautet die Energiebilanz des Prozesses: $E_C - E_{Be} + 3{,}6 = E_\gamma$. Aus dem Gamowschen Schema der Massendefekte geht hervor, daß in der Tat $E_C > E_{Be}$ sein muß, in Übereinstimmung mit unserem Ergebnis. Auch die quantenmechanische Theorie der Atomkerne läßt solche Aufbauprozesse erwarten.

Gießen, Physikalisches Institut der Universität, den 6. August 1931.

H. Becker. W. Bothe.

Über die Vorgänge bei der Elektrofilterung.

Herr Strigel hat in dieser Zeitschrift H. 29 einen zusammenfassenden Bericht über die Grundlagen der Elektrofilterung veröffentlicht, den wir im folgenden in wesentlichen Punkten ergänzen können auf Grund systematischer Forschungsarbeiten, die wir inzwischen im Elektrofilterlaboratorium der Siemens-Schuckert-Werke durchgeführt haben. Die ausführliche Publikation wird in den Wissenschaftlichen Veröffentlichungen des Siemens-Konzerns erscheinen.

Herr Deutsch und der eine von uns hatten die Theorie der Elektrofilterung entwickelt ausgehend von der Annahme, daß die im Gas suspendierten Teilchen sich aufladen und dann durch die elektrische Triebkraft des Filterfeldes an die Niederschlagselektroden

[1] I. Abelin, Biochem. Z. 233, 483 (1931).
[2] Naturwiss. 18, 705 (1930) — Z. Physik 66, 289 (1930).

[1] Meitner u. Hupfeld, Z. Physik 67, 147 (1931).

getrieben werden. Herr LADENBURG und seine Mitarbeiter hatten demgegenüber die Ansicht vertreten, daß die Aufladungstheorie allein nicht imstande sei, die tatsächlich in der Praxis festgestellten Filterwirkungen quantitativ verständlich zu machen, sondern daß es notwendig sei, außerdem noch dem elektrischen Wind eine wesentliche Rolle zuzuschreiben. Die von uns inzwischen durchgeführten Messungen und Überlegungen haben nun zu den folgenden Ergebnissen geführt: 1. Die Exponentialformel von DEUTSCH gilt mit erstaunlicher Genauigkeit, und zwar nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ. Damit ist bereits implizite bewiesen, daß die Aufladungstheorie richtig ist und der elektrische Wind quantitativ keine Rolle spielt. Hinsichtlich des Bedenkens, daß für die kleinsten Teilchen ($r <$ etwa 10^{-4} cm) unsere Messungen noch nicht ganz abgeschlossen sind, sei darauf hingewiesen, daß für diese Teilchen die Praxis eine — wie vielfach noch unbekannt zu sein scheint — geringere Filterwirkung als für die größeren Teilchen ergeben hat, die mit der Aufladungstheorie durchaus verträglich ist. 2. Begünstigend wirkt der elektrische Wind insofern, als er die Gasströmung im Filter turbulent macht und eine intensive Umrührung besorgt. 3. Die Struktur der makroskopischen Strömungen im Filter — wobei zu unterscheiden ist zwischen Ionenstrahlen, Windstrahlen und Teilchenstrahlen — läßt sich hydrodynamisch vollkommen befriedigend verstehen, wenn man bei der Strahlbildung die Übertragung des radialen Impulses und einen Effekt, den wir als Nachschub bezeichnen möchten, in Rechnung stellt. 4. Der radiale Transport von Teilchen zur Niederschlagselektrode durch die Windstrahlen wird kompensiert durch den in umgekehrter Richtung wirkenden Sog; was übrigbleibt ist bestenfalls ein bevorzugter Rücktransport von Teilchen an die Stellen der Sprühelektroden, an denen die Glimmpunkte sitzen.

Wir glauben, daß durch diese Befunde die Situation nun soweit geklärt ist, wie man dies nur wünschen kann. Auf andere, namentlich praktisch wichtige Probleme, wie z. B. die Rückionisation und die Ursachen der schlechten Filterbarkeit gewisser Staubarten, können wir hier leider nicht eingehen; auch zu ihrer Lösung haben die Arbeiten im Elektrofilterlaboratorium bereits wesentliche Hinweise geliefert. Im übrigen dürfte die letzte Arbeit von Herrn DEUTSCH in den Ann. d. Physik gezeigt haben, daß er hinsichtlich der skeptischen Beurteilung der Mitwirkung des elektrischen Windes auf Grund theoretischer Überlegungen derselben Ansicht ist wie wir.

Siemensstadt und Greifswald, den 7. August 1931.

G. MIERDEL. R. SEELIGER.

Besprechungen.

SCHMID, E., **Vegetationskarte der oberen Reußtäler.** Pflanzengeographische Kommission der Schweizer. Naturf. Gesellsch., Beiträge zur geobotan. Landesaufnahme, H. 16. Bern: Hans Huber 1930. 64 S. 1 mehrfarbige Karte im Maßstab 1 : 50000, 2 Tafeln und 8 Textfig. 15×23 cm. Preis Fr. 9.50.

Nicht mit Unrecht hat R. SCHARFETTER in seiner vor knapp 3 Jahren erschienenen Übersicht über die Ziele und Methoden der Vegetationskartographie es beklagt, daß in bezug auf diesen sowohl an sich wie als Hilfsmittel der Forschung wertvollen Zweig der Vegetationskunde die beiden letzten Jahrzehnte trotz des Aufschwunges der pflanzensoziologischen Arbeit so wenig fruchtbar gewesen sind und eher eine Zeit des Rückschritts und Verfalls bedeuten, daß die mangelnde Einheitlichkeit in den für das Gesellschaftsstudium maßgebenden Grundauffassungen, der Streit um die Begriffe und Methoden und die Vorherrschaft einer überwiegend analytisch eingestellten und stark zur Zersplitterung neigenden Forschungsrichtung den Blick abgelenkt haben von den ebenso berechtigten und notwendigen Studien, die auf das große Ganze der Vegetation gerichtet sind und deren bestes Ausdrucksmittel die Vegetationskarte darstellt. Ebenso wie der von SCHARFETTER hervorgehobene, in vielen vegetationskundlichen Monographien aus dieser Zeit entgegentretende völlige Verzicht auf die kartographische Darstellung der behandelten Vegetationseinheiten ist für diesen Umstand auch die Tatsache bezeichnend, daß BRAUN-BLANQUET in seiner sonst so trefflichen „Pflanzensoziologie" über diese Seite des Gebietes mit wenigen, nur sehr kurzen Ausführungen hinweggeht. Für eine der von SCHARFETTER in diesem Zusammenhang genannten Gebietsmonographien, die 1923 erschienenen „Vegetationsstudien in den Urner Reußtälern" von E. SCHMID wird nun diese Lücke in der vorliegenden Arbeit erfreulicherweise ausgefüllt und in einer im Maßstab 1 : 50000 gehaltenen Vegetationskarte des Reußtales von Amsteg bis Göschenen und der anschließenden Seitentäler bis zu den Kammhöhen der Gebirgsketten herauf eine Darstellung geboten, die nicht nur für die spezielle Kenntnis des Gebietes von großem Wert ist, sondern auch als ein wertvoller Beitrag und Fortschritt der Vegetationskartographie im allgemeinen begrüßt werden kann.

Das Bestreben des Verfassers war vor allem darauf gerichtet, auf der von der Flora und den Pflanzengesellschaften selbst gebotenen Grundlage ein Kartenbild zu entwerfen, das einerseits möglichst gleichmäßig und nicht zu kleinlich gegliedert ist, andererseits aber es gestattet, möglichst viel von den Beziehungen herauszulesen, die zwischen der Vegetation und den auf sie einwirkenden Einflüssen pedologischer, geologischer, klimatologischer, anthropogener und florenentwicklungsgeschichtlicher Art bestehen. Die Vegetationseinheit, die als diesen Bedürfnissen am besten entsprechend zugrunde gelegt wird, nennt Verf. in Übereinstimmung mit den in seiner früheren Arbeit entwickelten, auf die pflanzensoziologische Begriffsbildung und Terminologie bezüglichen Anschauungen „Hauptcoenose"; es handelt sich hierbei um eine kollektive Einheit chorologisch-biocoenologischen Charakters, die — in der gebräuchlichen Terminologie etwa einen Komplex von floristisch und ökologisch einander nahe verwandten Assoziationen entsprechend — als eigentlichen Kern eine regional auftretende „Phytocoenose" enthält und an diese die lokal bedingten Gesellschaften anschließt, die sich in der Hauptsache aus den gleichen, auch in jener vorkommenden Arten zusammensetzen oder doch in ihrer charakteristischen Artenkombination Arten enthalten, deren Verbreitungsgebiet sich mehr oder weniger vollständig mit demjenigen der dominierenden Phytocoenose deckt. Auch wer von allgemeinpflanzensoziologischen Gesichtspunkten aus sich die theoretischen Grundauffassungen des Verfassers nicht restlos zu eigen zu machen vermag, wird uneingeschränkt anerkennen, daß diese sich jedenfalls in dem vorliegenden Zusammenhang für die Gestaltung und Herausarbeitung des Kartenbildes vortrefflich bewährt haben. Es liegt das insbesondere auch darin begründet, daß die Hauptcoenosen im Gebirgsland zugleich auch klimatische Klimaxgesellschaften darstellen und daß

daher die Höhenstufengliederung der Vegetation klar und übersichtlich zum Ausdruck gelangt. Die durch jeweils besondere Farbengebung unterschiedenen Hauptcoenosen sind die Eichen-Lindenmischwald-H., die Rotbuchen-H., die Fichten-H., die Lärchen-Arven-H., die *Vaccinium uliginosum-Loiseleuria* (Ericacenzwergstrauch)-H. und die Krummseggen-H. Soweit es der Maßstab der Karte zuließ, sind innerhalb der diese Hauptcoenosen wiedergebenden Farbflächen die einzelnen Phytocoenosen bzw. Verbände von solchen durch Zeichen dargestellt; die gleiche Behandlung und nicht eine Ausscheidung durch besondere Farbe erfahren diejenigen Coenosen, die sich (wie z. B. die Wasserpflanzen-, sowie die Flach- und Hochmoorgesellschaften, aber auch im Gebiete nur reliktartig auftretende Coenosen, wie insbesondere die Föhren-Hautpcoenose) in keine der Hauptcoenosen einfügen lassen. Mit einer besonderen Farbe ist dagegen die Einheit des Kulturlandes ausgeschieden.

Der die Karte begleitende Text ist verhältnismäßig kurz gehalten, da die eingehende Beschreibung der Pflanzengesellschaften des Gebietes bereits in der vorausgegangenen Arbeit des Verf. enthalten war; er bringt aber in knapper, klarer Darstellung alles, was zum Verständnis der Karte notwendig ist und enthält neben der Charakteristik der verschiedenen Hauptcoenosen nach Klima, Boden, Verbreitung und Zusammensetzung aus geographischen Artgruppen, sowie Art und Grad der menschlichen Beeinflussung auch einige allgemeine Ausführungen über den Einfluß des Menschen, über die florengeschichtlichen Verhältnisse u. a. m. Sehr instruktiv sind die in dieser Form neuartigen graphischen Darstellungen von dem Anteil der geographischen Artengruppen an der Zusammensetzung der Hauptcoenosen und von der Einteilung der Arten nach dem Grade ihrer Beeinflussung durch den Menschen. W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.

WARMING †, E., und P. GRAEBNER, **Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie.** 4. Auflage, nach Warmings Tode bearbeitet von P. Graebner. 3. Lieferung. Berlin: Gebr. Borntraeger 1931. S. 481—720, Textfig. 233—334. 18×27 cm. Subskriptionspreis RM 22.80.

Die vorliegende Lieferung — über die beiden ersten vgl. dies. Z. **19**, 93—94 und 445—446 — enthält die Fortsetzung der speziellen Formationslehre, und zwar zunächst den Abschluß der Darstellung der an Salzwasser bzw. salzhaltigen Boden gebundenen Pflanzenvereine, weiterhin diejenige der an süßes Wasser gebundenen Vereine und endlich die der „Serie der mesophilen und hygrophilen Formationen", letztere bis zum Beginn der den Tropen und Subtropen angehörigen Gesellschaften. Dem großen Umfang dieser in sich sehr heterogenen Gruppe, unter die fast die gesamten Waldformationen der Erde von den subarktischen Nadelwäldern bis zu den Regenwäldern der Tropen und außerdem die mesophilen Grasfluren (Wiesen) und verwandten Pflanzengesellschaften gerechnet werden, entspricht es, daß auf sie nahezu die Hälfte des ganzen Umfanges der Lieferung entfällt. Soweit speziell die Pflanzengeographie Mitteleuropas und der benachbarten Gebiete in Betracht kommt, ist somit der überwiegende Teil der für dieses bezeichnenden Formationsbildungen im Inhalt dieser Lieferung eingeschlossen.

Wie die vorigen Lieferungen, zeigt auch die vorliegende sowohl in der Gliederung des Stoffes wie inhaltlich nur geringfügige Abweichungen und Erweiterungen gegenüber der vorangegangenen dritten Auflage; die Bezugnahme auf die neuere, inzwischen erschienene Literatur beschränkt sich fast ganz auf die zusammenfassenden Werke von Braun-Blanquet, Lundegård und Schröter, wogegen Hinweise auf neuere Originalarbeiten nur in sehr geringer Zahl und mit großer Willkür der getroffenen Auswahl zu finden sind. Es ist zwar selbstverständlich, daß in einem derartigen Handbuch und gerade in dessen speziellem Teil nicht die gesamte umfangreiche Literatur Erwähnung finden kann; andererseits gibt es aber doch unter den in den letzten 15 Jahren über die hier behandelten Formationen erschienenen Arbeiten nicht wenige, die bedeutungsvoll genug sind, daß sie hätten genannt werden sollen, nicht allein, um den Benutzer des Buches auf die Quellen aufmerksam zu machen, sondern auch deshalb, weil ihre Nichtberücksichtigung die unvermeidliche Folge hat, daß das Buch nicht als in jeder Hinsicht dem gegenwärtigen Stande der Forschung in befriedigendem Maße entsprechend gelten kann, wenn sich dieser Mangel auch naturgemäß nicht bei allen behandelten Formationen in gleicher Weise bemerkbar macht.

Dankbar anerkannt sei, daß die illustrative Ausstattung eine nicht unbedeutende Erweiterung durch eine Anzahl guter Vegetationsbilder erfahren hat.

W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.

STEFFEN, H., **Vegetationskunde von Ostpreußen.** Jena: Gustav Fischer 1931. XIV, 406 S. und 67 Textabb. 17×25 cm. Preis geh. RM. 22.—, geb. RM 24.—.

Wenn man bedenkt, daß noch vor etwa 25—30 Jahren über das nordostdeutsche Flachland nur ganz vereinzelte Arbeiten vorlagen, die sich näher mit dem Studium der Pflanzengesellschaften dieses Gebietes beschäftigten, so darf es als ein schöner und erfreulicher Fortschritt begrüßt werden, daß die neue, von der Staatlichen Stelle für Naturdenkmalpflege in Berlin herausgegebene Reihe von vegetationskundlichen Gebietsmonographien gerade durch einen der Provinz Ostpreußen (innerhalb ihrer alten Grenzen, also einschließlich des Memelgebietes und des Soldauer Landes, jedoch ohne den jetzt mit Ostpreußen vereinigten Regierungsbezirk Marienwerder) gewidmeten Band eröffnet wird. Der Verfasser hat es in geschickter Weise und mit glücklichem Takt verstanden, die bisher über das Gebiet vorliegenden einschlägigen Kenntnisse zusammenzufassen und nicht nur die vorhandene Literatur auszuschöpfen, sondern auch in erheblichem Umfange durch eigene Untersuchungen zu ergänzen, so daß sich im ganzen ein wohl abgerundetes und vollständiges Bild von den in vielfacher Hinsicht auch allgemeines Interesse bietenden Vegetationsverhältnissen dieses deutschen Grenzlandes ergibt, das hoffentlich in der verdienten Weise zu einer Verbreitung der Kentnnisse beitragen und zu einer Vertiefung der Forschungstätigkeit auf einem Gebiet, auf dem es immer noch viel zu tun gibt, anregen wird. Besonders anerkannt sei auch, daß der vom Verf. zugrundegelegte Assoziationsbegriff sich von der gerade in manchen neueren Gebietsmonographien bemerkbaren Tendenz zu weitgehender Aufspaltung frei hält und dadurch sich als geeignet erweist, gerade die großen Linien in der Ausbildung der Pflanzengesellschaften herauszuarbeiten.

Was die Darstellung im einzelnen angeht, so bringt sie im ersten Abschnitt eine gedrängte Übersicht über Oberflächengestaltung, Bodenbeschaffenheit und Klima des Gebietes. Der zweite, der Schilderung der Pflanzengesellschaften gewidmete Hauptteil beginnt mit einigen allgemeinen und methodischen Vor-

bemerkungen und behandelt dann der Reihe nach die Wälder, die Moore, die baumfreien Gesellschaften des Mineralbodens (Wiesen, sonnige Hügel, Sandfelder und Dünen) und die Gewässer; im besonderen Maße sind es naturgemäß die Moore, an die sich Fragen von weitreichendem allgemeinen Interesse anknüpfen und deren Behandlung dementsprechend fast die Hälfte dieses Teiles in Anspruch nimmt. Ref. empfindet es als besonders erfreulich, daß der Verf. hier an dem Zwischenmoorbegriff festgehalten und auch den Hochmoorbegriff in dem sachlich gebotenen, engeren Umfang gehalten hat. Ein letzter Teil endlich behandelt die Besiedelungsgeschichte seit dem Ende der Eiszeit; er ist allerdings mehr florenentwicklungsgeschichtlichen als vegetationsgeschichtlichen Charakters, bietet dafür aber auch Gelegenheit, die pflanzengeographische Stellung der in den Pflanzengesellschaften des Gebietes vorkommenden Arten im Zusammenhang zu würdigen.

Auch die illustrative Ausstattung des Buches sei lobend erwähnt. W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

ONSLOW, M. W., **The principles of plant biochemistry.** Part I. Cambridge: University Press 1931. 326 S. 10 Textfig. und 48 Tab. 15×23 cm. Preis geb. 16.— Shilling.

Das Buch sollte eher ausgewählte Kapitel aus der Biochemie der Pflanzen heißen. Es behandelt nur einen kleinen Teil des Stoffwechsels der höheren Pflanzen, und zwar den, der sich auf die Zucker bezieht, soweit sie bei der Zellwandbildung und der Atmung eine Rolle spielen und den, welcher Aufbau und Abbau der Eiweißstoffe umfaßt. Ein zweiter Band soll andere Teile des pflanzlichen Stoffwechsels enthalten.

Innerhalb dieser engen Grenzen ist die Behandlung ausführlich. In gewisser Hinsicht ist die Beschränkung auf wenige, aber genau dargestellte Fragen der Hauptvorzug des Buches. Die 6 Kapitel haben folgende Überschriften: Die Zucker, die Zellwand, Oxydations- und Reduktionssysteme, die pflanzlichen Proteine, N-Stoffwechsel, Atmung.

Eine ausführliche Besprechung der in Pflanzen vorkommenden Zucker zeigt, daß ihre Zahl recht beschränkt ist, auch wenn man die durch Hydrolyse aus Polysacchariden abspaltbaren mitrechnet. Die Konstitutionsformeln werden gegeben, ohne daß natürlich für die Diskussion der Beweise Raum wäre.

Bei der Zellwand werden Zellulosen, Hemizellulosen und Pektinsubstanzen ausführlich, das Lignin kurz, die N-haltigen Stoffe, die ja nur bei Cryptogamen vorkommen, gar nicht besprochen. Sehr wertvoll ist das Kapitel über die Oxydations- und Reduktionssysteme, da eine ähnliche Zusammenstellung meines Wissens bisher nicht besteht. Oxygenasen, Peroxydasen, Oxydoreduktasen werden übersichtlich besprochen, woran sich ein Abschnitt über die Beziehung der Oxydationssysteme zur Atmung schließt.

Der Überblick über die Eiweißstoffe der Pflanzen umfaßt nur 9 Seiten, ist aber durch Tabellen und ein ausführliches Literaturverzeichnis ergänzt. Das nächste Kapitel beginnt mit einer Aufzählung der in den Pflanzen auftretenden N-Verbindungen und mit allgemeinen chemischen Betrachtungen, wobei die Eiweißstoffe und ihre Bausteine charakterisiert werden. Es folgt dann der Eiweißstoffwechsel und die dabei wirksamen Enzyme. Literatur bis zur neuesten Zeit ist verarbeitet, auch die deutsche. Soweit der Referent zu einem Urteil befähigt ist, scheint ihm diese Darstellung recht brauchbar.

Bei der Atmung konnte der Verfasser die Hefegärung doch nicht entbehren. Die Abtrennung des Stoffwechsels der höheren Pflanzen von dem der niederen und der Tiere ist eben kaum durchführbar. Daran schließen sich: Allgemeines über Atmung, das Substrat der Atmung, die Rolle der Phosphatasen bei der Atmung der höheren Pflanzen, die Aufspaltung der Hexose, Methylglyoxal, Acetaldehyd, Alkohol, Coenzyme, Fettbildung, die Rolle des molekularen Sauerstoffs.

Was das Atmungsmaterial anbelangt, so hält der Verf. mit größter Wahrscheinlichkeit eine Hexose für das eigentliche Substrat. Diskutiert werden die Möglichkeiten: 1. daß die einzige Quelle für das Atmungssubstrat γ-Fruktose ist, die durch Hydrolyse von Rohrzucker geliefert wird, 2. daß außerdem normale, stabile Glukose, Mannose oder Fruktose irgendwelcher Herkunft leicht in die γ-Form überführt werden kann, die nun als Substrat dient; dann wäre es, ebenso wie bei der Hefe, belanglos, welcher dieser Zucker in der Pflanze verfügbar ist. 3. Das vorzugsweise γ-Fruktose (aus Rohrzucker) veratmet wird. Wenn die Versorgung mit diesem Zucker ausbleibt, dann dienen normale, stabile Hexosen als Hilfsquelle. Diese würden entweder in die γ-Form umgewandelt und wie gewöhnlich gespalten oder auf andere Weise oxydiert. Es werden Befunde zusammengestellt, die dafür sprechen, daß bei Gegenwart von Rohrzucker der Fruktoseanteil veratmet, die Glukose aber angehäuft bzw. zur Zellwandbildung u. dgl. verwendet wird. Dieser Teil des Buches ist besonders anregend.

E. PRINGSHEIM, Prag.

PRINGSHEIM, ERNST G., **Pflanzenphysiologische Übungen.** Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1931. VIII, 136 S. und 25 Abbild. 14×21 cm. Preis geh. RM 7.—, geb. RM 8.50.

Das Buch ist entstanden aus Hochschulübungen für Anfänger und soll als Hilfsmittel zur Abhaltung solcher Übungen dienen oder auch als Anleitung zu selbständiger Versuchsanstellung. Dazu eignet es sich zweifellos vorzüglich. Es werden gegen hundert Versuche beschrieben, die außer Mikroskop und Klinostat keine großen Hilfsmittel benötigen und im Rahmen eines 4stündigen Praktikums durchzuführen sind, und die vor allen Dingen auch leicht gelingen. Sie sind alle vom Verfasser reichlich erprobt, und ihre Durchführung wird so genau beschrieben, daß sie bei sorgfältigem Arbeiten kaum mißglücken können. Die theoretischen Ausführungen sind bei aller Kürze so gehalten, daß der Leser auch bei ganz geringen Vorkenntnissen doch überall das Wesentliche verstehen kann. Das alles ist nur möglich durch eine Beschränkung auf einfache, grundlegende Versuche. Wer von dem Buch eine Einführung in neuere Forschungsmethoden erwartet, kommt nicht auf seine Rechnung. Es sind naturgemäß vorwiegend die Versuche aufgenommen, die sich seit Jahrzehnten allgemein für solche Zwecke bewährt haben. Doch fehlt es nicht an originellen Versuchsanordnungen im einzelnen, es wird auf kleine Kunstgriffe, auf neue, besonders günstige Versuchspflanzen aufmerksam gemacht und wiederholt gezeigt, wie mit einfachsten Hilfsmitteln eine wertvolle Apparatur ersetzt werden kann. HANS GRADMANN, Erlangen.

Physikalisch-Technische Mitteilungen.

Die neuzeitliche Dampfkesseltechnik. Unter den neuen Erkenntnissen, die uns die Verhandlungen der Zweiten Weltkraftkonferenz in Berlin 1930 am stärksten aufgedrängt haben, ist wohl die Erkenntnis die wichtigste, daß die Erzeugung von Dampf für Kraftzwecke in den letzten 10 Jahren außerordentlich großen Fortschritt zu verzeichnen hatte. Dieser Fortschritt ist so gewaltig, daß man versucht wäre, die 20 bis 30 Jahre vor dem Krieg umfassende Zeit als eine Zeit des technischen Stillstandes zu bezeichnen, obgleich diese Bezeichnung gewiß nicht angebracht wäre, da auch damals Fortschritte auf allen Gebieten der Dampferzeugung gemacht wurden.

Allein die schweren Zeiten nach dem Kriege machten erhöhte Anstrengungen notwendig und damit auch größere Erfolge möglich. Zunächst handelte es sich darum, *mit den nur knappen Kohlenmengen möglichst sparsam umzugehen* und aus dem gegebenen Wärmewert der Kohle ein Höchstmaß an nutzbarer Arbeit herauszuholen. Dabei erkannte man bald, daß man die Verluste, die mit der Erzeugung von Dampf verbunden sind, also namentlich die Wärmeverluste in den Feuerungen, die Verluste durch die mit den Rauchgasen abziehende und die aus den Kesseln abgestrahlte Wärme, am wirtschaftlichsten im Verhältnis zu der insgesamt umgesetzten Wärmemenge dadurch herabsetzen kann, daß man möglichst große Wärmemengen in einem Kessel umsetzt, also in der Zeiteinheit möglichst große Wassermengen verdampft.

Diese Erkenntnis hat man namentlich bei den Erweiterungsbauten für die Elektrizitätswerke ausgenützt, die nach dem Krieg infolge des rapiden Ansteigens des Strombedarfs der Städte notwendig geworden waren. Während vor dem Kriege Dampfkessel mit 500 qm verdampfender Heizfläche bei uns schon zu den großen Kesseln zählten, ging man zuerst in den Vereinigten Staaten und dann bald auch bei uns zu Kesseln mit 1000 und 2000 qm über. Die größten Dampfkessel, die zur Zeit in Deutschland aufgestellt sind, haben 2400 qm Heizfläche und liefern in der Stunde 150000 kg Dampf, während man in den Vereinigten Staaten sogar schon 500000 kg stündliche Verdampfleistung in einem Kessel erreicht hat.

Solche Anlagen mit neuzeitlichen Großkesseln haben auch die Erwartungen, die man bezüglich der Wärmeersparnis hegte, durchaus bestätigt. Als die beste Anlage in dieser Hinsicht kann heute wohl die Anlage im Kraftwerk Lake Shore der Cleveland Electric Illuminating Company angesehen werden, die Kessel von je 2850 qm Heizfläche enthält und die Wärmeenergie der zugeführten Kohle mit praktisch nicht mehr als 10% Verlust in Dampfenergie umwandelt. Diesen hohen Wirkungsgrad liefern die Kessel innerhalb eines Bereichs von 29000—115000 kg stündlicher Verdampfleistung. Natürlich wird die nutzbar gemachte Wärme nicht ausschließlich durch die Heizflächen des Kessels selbst, sondern auch durch die Heizflächen der Speisewasservorwärmer übertragen, die das Wasser schon vor seinem Eintritt in den Kessel auf nahezu die im Kessel herrschende Temperatur erhitzen, sowie durch die Heizflächen der Überhitzer, in denen der in den Kesseln erzeugte gesättigte Dampf noch auf eine höhere Temperatur gebracht wird. Bei einem Betriebsversuch an einem dieser Dampfkessel, der 22 Stunden dauerte, lieferte der Kessel im Mittel stündlich etwa 60000 kg Dampf. Dabei wurde festgestellt, daß der Wirkungsgrad der Umsetzung der Kohlenwärme in Dampfenergie sogar 92,9% betragen hatte. Wenn man bedenkt, daß hierbei die Wärme der Rauchgase bis auf Temperaturen von 80—160° ausgenützt wurde, so wird man zugeben müssen, daß wärmewirtschaftlich aus einer solchen Anlage kaum noch mehr herausgeholt werden könnte.

In der Tat hatte man bei dieser Anlage hinsichtlich der Vermeidung von Wärmeverlusten bei der Dampferzeugung so ziemlich das Optimum erreicht. Ein weiterer Fortschritt konnte nur erzielt werden, wenn man das Verfahren grundsätzlich änderte. Als nächste Mittel hierfür kamen in Frage die *Steigerung der Anfangsdrücke und der Anfangstemperaturen des Dampfes.* Schon lange war bekannt, daß der Anteil der Dampfenergie, der in einer Maschine in Nutzbarkeit umgewandelt werden kann, um so größer wird, je höher Anfangsdruck und Anfangstemperatur des Dampfes sind. Man hatte jedoch von dieser Erkenntnis in der Praxis keinen Gebrauch machen können, solange man keine Dampfkessel hatte, die — natürlich bei voller Wahrung der gebotenen Sicherheit gegen Explosionen — solchen Dampf erzeugen konnten.

Nachdem man aber mit der Vergrößerung der Kesselleistungen praktisch an der Grenze der erzielbaren Wärmeersparnis angelangt war, ging man ernstlich daran, Kessel für hohe Drücke und Temperaturen zu entwickeln; denn dies eröffnete die Aussicht, Wärmeersparnisse auch beim maschinellen Teil der Elektrizitätswerke zu erzielen. Daneben bot dieses Verfahren auch die Möglichkeit von Ersparnissen in den Anlagekosten, berechnet auf 1 kW nutzbar gewonnene elektrische Leistung, weil man mit dem Hochdruckdampf eine gegebene Maschinenleistung in kleineren Dampfturbinen erzeugen konnte, die auch entsprechend kleinere Maschinenhäuser bedingten.

Gleich von Anfang an zeichneten sich in der Entwicklung der Konstruktionen für Hochdruck-Dampfkessel zwei Richtungen ab: die eine besteht darin, daß unter Beibehaltung der üblichen Beheizung der verdampfenden, innen durch das Wasser gekühlten Kesselheizflächen lediglich die Bearbeitung und die Werkstoffe für den Aufbau des Kessels verbessert werden. Wie weit man praktisch auf diesem Wege vorwärtsgekommen ist, wird durch nichts schlagender bewiesen als durch die Tatsache, daß alle amerikanischen Hochdruckkessel, darunter etwa 20 für Innendrücke von etwa 100 Atm., nach diesen Gesichtspunkten entworfen sind. Auch in Deutschland, wo man zuerst derartige Kessel nur für 25—30 Atm. zu bauen gewagt hatte, werden sie heute für Drücke bis zu 50 Atm. sozusagen laufend hergestellt.

Daneben sind, insbesondere auf deutschem Boden, auch *ganz neue Verfahren der Dampferzeugung* entwickelt worden, die den Hauptmangel des bisherigen Verfahrens, nämlich das Beheizen der unter hohem Innendruck befindlichen Wasserbehälter von großem Inhalt, vermeiden sollen. Es ist auch leicht einzusehen, daß das Beheizen eines derartigen Behälters immer eine gewisse Gefahr enthält, weil beim Reißen der Behälterwand ein großer Raum plötzlich von hohem Druck entlastet wird und die hierdruch eintretende schnelle Dampfentwicklung eigentlich erst die bekannten schweren Folgen einer Kesselexplosion hervorruft. Bei den neuen Verfahren gibt es daher entweder überhaupt keine größeren Kesselräume, denen Wärme zum Zwecke der Dampferzeugung zugeführt wird, wie z. B. beim *Benson*-Verfahren, oder es sind wohl solche Räume vorhanden, aber sie werden nicht, wie sonst Dampfkessel, von außen beheizt, son-

dern nur von innen, d. h. man führt die Wärme unmittelbar dem zu verdampfenden Wasser zu. Solche Kessel mit sog. innerer Beheizung sind von dem verstorbenen Dr. LÖFFLER und von der *Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft* entwickelt worden.

Beim *Benson*-Verfahren, um dessen Entwicklung für den praktischen Gebrauch sich die Siemens-Schuckert-Werke hervorragend verdient gemacht haben, bildet den Dampferzeuger eine kontinuierliche Rohrleitung, an deren einem Ende die Pumpe das Wasser mit dem kritischen Druck von 224,2 Atm. in die Leitung hineinpreßt und an deren anderem Ende der erzeugte Dampf in eine Sammeltrommel austritt. Die Umwandlung des Wassers in Dampf erfolgt auf dem Wege von der Pumpe zum Sammler dadurch, daß man einen Teil der Rohrleitung so stark beheizt, daß das Wasser darin die kritische Temperatur von 374° annimmt. Da die Verdampfung somit bei kritischen Verhältnissen erfolgt, spart man dabei die äußere Verdampfungsarbeit, die sonst durch die Volumenvergrößerung bedingt wird.

Beim *Löffler*-Verfahren heizt man das zu verdampfende Wasser mit hoch überhitztem Dampf. Dieser Dampf wird als gesättigter Dampf dem Raum oberhalb des Wassers entnommen und durch einen Überhitzer gedrückt, der beheizt wird. Der so überhitzte Dampf wird in das zu verdampfende Wasser eingeführt, gibt seine Überhitzungswärme an das Wasser ab und sammelt sich als gesättigter Dampf wieder in dem Raum oberhalb des Wassers. Der Leitung, die vom Überhitzer zum Verdampfbehälter führt, kann man auch den Dampf entnehmen, der für die Maschine gebraucht wird. Das Umwälzen des Dampfes erfolgt mittels einer Pumpe, die aber nur verhältnismäßig geringe Arbeit zu leisten braucht, da sie nur einen kleinen Druckunterschied zu überwinden hat. Dampferzeuger nach dieser Bauart sind bei den Witkowitzer Eisenwerken seit einiger Zeit im Betrieb.

Das Dampferzeugungsverfahren der *Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft* ist grundsätzlich dem *Löffler*-Verfahren insofern ähnlich, als auch bei diesem Verfahren innere Beheizung des zu verdampfenden Wassers verwendet wird. Zum Unterschied gegenüber diesem Verfahren wird aber bei dem SCHMIDTschen Verfahren besonders sorgfältig gereinigtes Wasser zum Beheizen verwendet, daß im natürlichen Umlauf durch eine in sich geschlossene Rohrleitung geführt wird. Diese Leitung wird an einer Stelle beheizt, wobei sich das Wasser hoch erhitzt; dieses Wasser gibt seine Wärme auf dem weiteren Wege zuerst an das Wasser im Verdampfer und dann an das Wasser in einem Vorwärmer ab und gelangt dann wieder, völlig selbsttätig, in den Erhitzer, wo sich der Vorgang wiederholt. Besonderes Interesse haben Versuche an Lokomotiven mit diesem Arbeitsverfahren der Verdampfanlage erweckt, die von der Deutschen Reichsbahn und von mehreren ausländischen Eisenbahngesellschaften ausgeführt worden sind.

Erwähnt sei, daß außer den bereits beschriebenen Verfahren noch andere Verfahren zur Erzeugung von Hochdruckdampf entwickelt worden sind. So hat schon vor längeren Jahren der schwedische Ingenieur LUNDQUIST vorgeschlagen, das Wasser in verhältnismäßig schnell umlaufenden Rohren zu verdampfen, in die das Wasser durch die hohlen Drehzapfen eingeführt wird und über deren Innenfläche es sich unter dem Einfluß der Fliehkraft gleichmäßig verteilt; der entstehende Dampf bleibt, da er spezifisch leichter ist, im Kern des Rohres und kann durch den zweiten Drehzapfen entnommen werden. Dampferzeuger nach diesem System *Atmos* baut gegenwärtig die Elsässische Maschinenbau-Gesellschaft in Mülhausen.

Neuerdings ist noch ein ähnliches Dampferzeugungsverfahren von dem Amerikaner LA MONT vorgeschlagen worden. Die Verdampfung erfolgt hier in steil angeordneten Rohren, die von außen beheizt werden und durch die das Wasser in ständigem Kreislauf mittels einer Pumpe geführt wird, daß es die Innenwand der Rohre gleichmäßig bedeckt. Von dem umlaufenden Wasser verdampft bei jedesmaligem Durchgang durch das Rohr nur ein kleiner Teil, so daß der Dampf durch den frei bleibenden Innenraum des Rohres ungehindert in einen Dampfsammler emporsteigen kann.

Aus dieser großen Zahl von überaus interessanten Verdampfverfahren kann man ersehen, wie fruchtbar sich der Gedanke der Erzeugung von Hochdruckdampf bisher erwiesen hat. Trotzdem hat es den Anschein, daß die Praxis nur sehr zögernd an die Verwendung der neuen Verfahren herangeht, da es ihr gelungen ist, den bisherigen Ansprüchen an die Steigerung von Druck und Temperatur des Dampfes auch mit dem üblichen Verfahren nachzukommen. Das erklärt sich daraus, daß man auf der einen Seite praktisch mehr als 100 Atm. Anfangsdruck und 500° Anfangstemperatur des Dampfes auch aus Rücksicht auf die Maschinen noch nicht anwenden konnte, während auf der anderen Seite Konstruktion und Fertigung auch bei den Kesseln der üblichen Bauart unter dem Einfluß der gesteigerten Ansprüche große Fortschritte gemacht haben.

Unter diesen Fortschritten sind insbesondere folgende zu nennen:

1. Schutz der Kesseltrommeln gegen unmittelbare Beheizung.
2. Ersatz des Nietens bei Kesseltrommeln durch Walzen oder Schweißen.
3. Verbesserung der Pflege des Speisewassers.
4. Verbesserung des Kesselbaustoffs.

Auf die Wirkungen dieser Verbesserungen soll hier im einzelnen nicht eingegangen werden. Immerhin sei bemerkt, daß namentlich auf dem Gebiete der Herstellung ungenieteter Kesseltrommeln deutsche Hüttenwerke vorbildlich für das Ausland gewesen sind. Nachdem es zunächst den *Düsseldorfer Röhrenwalzwerken* gelungen war, nahtlose Trommeln von solchen Abmessungen, wie sie für Großkessel in Frage kommen, aus einem gelochten Stahlblock zu walzen, hat die Firma *Thyssen & Co.* das bekannte Wassergas-Schweißverfahren für die Herstellung von Kesseltrommeln durchgebildet, die nur eine Längsschweißnaht oder höchstens zwei Längsschweißnähte aufweisen und eingeschweißte gewölbte Böden erhalten. Nach den vorliegenden Erfahrungen lassen sich solche Kesseltrommeln, die natürlich bedeutend billiger als nahtlos gewalzte sind, ohne Bedenken bis zu 50 Atm. Betriebsdruck verwenden.

Als ein Nebenvorteil der ungenieteten Kesseltrommeln hat sich, wie die Erfahrungen zeigen, auch noch ergeben, daß solche Kesseltrommeln gegen *Anfressungen* durch das Speisewasser bedeutend widerstandsfähiger sind. Anscheinend bieten die dünnen Spalte zwischen genieteten Blechen, die niemals dauernd wasserdicht erhalten werden können, dem Angriff durch Wasser und namentlich durch die im Wasser gelöste Luft bedeutend mehr Gelegenheit als die glatten geschweißten oder gewalzten Kesselflächen. Diese gesteigerte Widerstandsfähigkeit ist um so wichtiger, als auch schon wegen der höheren Drücke und Temperaturen die Ansprüche an die Reinheit des zu verdampfenden Wassers sehr soch sind und durch eine Empfindlichkeit des Kesselblechs gegen Verunreinigungen des Wassers noch weiter gesteigert werden würden.

Letzten Endes hat aber *noch ein konstruktiver Fortschritt im Kesselbau* dazu verholfen, die bisherige

Bauart beizubehalten, und das ist die neue Erkenntnis über das Wesen der Wärmeübertragung in der Kesselfeuerung. Nachdem namentlich durch die Messungen von SCHACK an eisenhüttenmännischen Öfen bewiesen worden war, eine wie große Rolle die Strahlung der Flamme bei der von einem Feuer insgesamt übertragenen Wärme spielt, hat man angefangen, auch bei den Kesselfeuerungen die Rolle der Wärmestrahlung etwas näher zu untersuchen. Dabei hat sich sehr bald gezeigt, daß bei den üblichen Kesseln die vordersten Rohrreihen infolge der starken Einstrahlung von Wärme zumeist überlastet sind, während die übrigen Rohrreihen nicht genügend für die Wärmeübertragung ausgenutzt werden.

Mit der hierdurch geschaffenen Notwendigkeit, eine zweckmäßigere Art für die Aufnahme der strahlenden Wärme in Kesselfeuerungen zu finden, traf zeitlich zusammen das Bestreben, die Leistung der Kessel durch Steigern des Wärmeumsatzes in der Feuerung zu steigern. Es zeigte sich dabei sofort, daß es gerade die Wärmestrahlung ist, die die Leistungsfähigkeit einer gegebenen Anlage begrenzt, daß also diese Grenze sofort beseitigt werden kann, wenn man einen anderen Weg findet, um die strahlende Wärme aufzunehmen.

Dieser Weg fand sich, allerdings vielleicht aus andern Gründen, in der *Wasserkühlung der Feuerräume*. Bei der Anwendung von Kohlenstaubfeuerungen hatte sich nämlich gezeigt, daß es notwendig ist, das Mauerwerk der Brennkammer zu kühlen, weil es sonst durch die hohe Temperatur der Flamme und namentlich durch die geschmolzenen Schlackenteilchen stark angegriffen und vorschnell zerstört wird. Nachdem man zuerst versucht hatte, Luft für diese Kühlung zu verwenden, die sich hierbei vorwärmen und dann in den Feuerraum eintreten sollte, derart, daß die von der Luft aufgenommene Wärme der Verbrennung zugute kam, fanden amerikanische Firmen, daß man diese Kühlung noch wirksamer gestalten könnte, wenn man die Wände der Brennkammer mit Rohren belegt und durch diese Rohre das Wasser aus dem Kessel umlaufen läßt.

Der Erfolg dieser Maßnahme war eine große Überraschung: obgleich die Oberfläche dieser Kühlrohre kaum 1% der Heizfläche des Kessels ausmachte, steigerten sie die Dampfleistung des Kessels mitunter um mehr als 10%. Man ging dann der Sache näher auf den Grund und stellte fest, daß diese Kühlrohre einen großen Teil der Wärmestrahlung der Flammen aufnehmen, so daß sie den Wasserumlauf im Kessel verbessern und verhältnismäßig viel Wasser verdampfen können. Hiermit war der gesuchte Weg zum Steigern des Wärmeumsatzes im Kessel gefunden. Nach anfänglichem Zögern wegen des Einflusses der Feuerraumkühlung auf die Zündfähigkeit der Feuerung bei Verwendung minderwertiger Kohlen hat sich heute die gesamte Fachwelt zu der Ansicht bekehrt, daß die Anwendung von Kühlrohren in den Brennkammern heute das beste und billigste Mittel für den Bau von Kesseln von spezifischer hoher Leistung darstellt.

Welcher technische Fortschritt hierdurch erreicht wurde, mögen folgende Zahlen beweisen: Bei den früheren Dampfkesseln war die Grenze der Leistungsfähigkeit erreicht, wenn von 1 qm Oberfläche der untersten Rohrreihen stündlich 330000 kcal aufgenommen und auf das zu verdampfende Wasser übertragen wurden. Die Erfahrung zeigte nämlich, daß unausbleiblich Rohraufreißen oder ähnliche Betriebsstörungen eintraten, wenn man versuchte, die Leistung des Kessels höher zu treiben. Dabei erreichte die gesamte Wärmeaufnahme von 1 qm der Kesselheizfläche im Mittel nur einen Wert von etwa 31400 kcal in der Stunde. Dagegen gibt es heute bereits eine ganze Reihe von Kesseln mit gekühlten Brennkammern, bei denen 1 qm Heizfläche stündlich im Mittel mit 150000 kcal, d. h. fast der fünffachen Wärmemenge belastet werden kann, ohne daß ähnliche Schwierigkeiten durch Überanstrengung der Heizflächen beobachtet wurden. Nachmessungen der Temperaturen haben sogar bewiesen, daß bei solchen Kesseln die höchste Wärmebelastung an keiner Stelle mehr als 260000 kcal/qmh beträgt.

Ähnliche Ergebnisse hat man vor kurzer Zeit durch den Umbau der Brennkammern bei den Kesseln mit Braunkohlenstaubfeuerung im Großkraftwerk Böhlen der Sächsischen Elektrizitätswerke erzielt. Bei einem Kessel von 1500 qm Heizfläche, dessen Brennkammer bereits mit Kühlrohren von etwa 170 qm Oberfläche ausgekleidet war, konnte man die Verdampfleistung von etwa 100000 auf 150000 kg in der Stunde lediglich dadurch steigern, daß man die Kühlrohre in der Brennkammer auf etwa die doppelte Oberfläche vermehrte. Hier brachte somit eine Vergrößerung der gesamten Heizfläche um etwa 10% einen Gewinn an Dampfleistung um 50%.

Nicht mit Unrecht bezeichnet man somit heute dieses Verfahren der Brennkammerkühlung als den wichtigsten technischen Fortschritt im neueren Kesselbau. Es hat ermöglicht, Kessel zu bauen, die imstande sind, so viel Dampf zu erzeugen, wie eine große Dampfturbine verbraucht. Im New Yorker Elektrizitätswerk hat man sogar drei Kessel aufgestellt, von denen ein jeder allein imstande ist, eine Dampfturbine von 75000 kW zu versorgen. Damit gewinnt der Gedanke an Wahrscheinlichkeit, daß es in späteren Zeiten nicht mehr notwendig sein wird, in einem Elektrizitätswerk mehr Kessel als Maschinen zu haben, was die Anlagen wesentlich einfacher bedienbar und daher auch im Bau wesentlich billiger machen würde. H.

Winddruck auf Schornsteine. Der aerodynamische Modellversuch wird neuerdings in wachsendem Maße für das Studium des Winddrucks auf Bauwerke herangezogen. Wie hier gelegentlich ausführlich auseinandergesetzt wurde[1], besteht dabei für die Übertragung der Modellergebnisse auf das Original keine Unsicherheit, soweit es sich um Bauwerke mit ebenen Oberflächen (scharfen Kanten) handelt, wohl aber bei Körpern mit gewölbten Oberflächen: Schornsteinen, Gasometern, Wasserbehältern u. ä. Über den Winddruck auf solche Baukörper können vorerst nur Messungen an ausgeführten Bauwerken verbindliche Auskunft erteilen.

DÖRING hat vor mehreren Jahren — soviel bekannt, als erster — derartige Messungen an einem Eisenbeton-Schornstein vorgenommen[2]. Jetzt haben DRYDEN und HILL mit verbesserten Methoden die Druckverteilung an einem Schornstein aus Ziegelmauerwerk studiert. Die Versuchsergebnisse der beiden amerikanischen Autoren liegen in einer ausführlichen Veröffentlichung vor[3], die vom Standpunkt der Strömungsforschung und der Bautechnik eingehendes Interesse verdient. Das Versuchsobjekt war ein auf dem Gelände des Bureau of Standards (Washington) neu erbauter Schornstein mit kreisförmigem Querschnitt und geringer Verjüngung. Höhe: 200 Fuß über dem Erdboden, 120 Fuß über dem höchsten Punkt der an-

[1] O. FLACHSBART, Winddruck auf Bauwerke. Naturwiss. **18**, 475 (1930).

[2] K. DÖRING, Wind und Wärme bei der Berechnung hoher Schornsteine aus Eisenbeton. Berlin 1925.

[3] DRYDEN and HILL, Wind pressure on circular cylinders and chimneys. Bureau of Standards J. of Research **1930**, 653. Report 221.

grenzenden Gebäude (1 Fuß = 30,5 cm). 41 Fuß unterhalb des freien Endes wurde der Schornstein mit 24 gleichmäßig über den Umfang verteilten Druckmeßstellen versehen, und zwar in der Weise, daß $^3/_8$zöllige, vorn offene Röhrchen bei der Aufmauerung so von innen nach außen durch die Schornsteinwand hindurchgesteckt und eingemauert wurden, daß die Mündung der Röhrchen glatt in der Fläche der äußeren Schornsteinwand lag. Im Inneren führte man alle Röhrchen zu einem tiefer gelegenen gemeinsamen Punkt, von dort nach außen und am Schornstein abwärts zum Beobachtungsraum. Die Benutzung eines Vielfachmanometers erlaubte, bei jedem Versuch die Drücke an den 24 Meßstellen gleichzeitig zu messen. Der Außendurchmesser des Schornsteins betrug in der Meßebene 11,8 Fuß. Windstärke und Richtung wurden aus der gemessenen Druckverteilung ermittelt (man muß zu diesem Zweck im voraus wissen, an welcher Stelle des Umfangs der Druck gleich dem Außendruck ist; Windkanalversuche zeigen, daß diese Stelle unter den Bedingungen des Modellversuchs 35° seitlich vom Staupunkt liegt). Das Verfahren war in Vorversuchen an einem besonderen Zylinder von 30 Fuß Höhe und 1° Fuß Durchmesser im natürlichen Wind erprobt worden. Die Reynoldssche Zahl betrug für Schornstein und Zylinder im Mittel $R = \frac{vD}{\nu} = 3 \cdot 10^6$ (v = Windgeschwindigkeit, D = Schornstein- bzw. Zylinderdurchmesser, ν = kinematische Zähigkeit der Luft).

Schreibt man den Gesamtwiderstand W des Schornsteins in der dimensionslosen Form

$$c_W = \frac{W}{\frac{\varrho}{2} v^2 F} = \frac{1}{H} \int_0^H c'_W \, dh$$

(ϱ = Luftdichte, F = Projektion des Schornsteines auf eine Vertikalebene, H = dem Wind ausgesetzte Höhe des Schornsteins, c'_W = lokaler Widerstandsbeiwert des Schornsteins in der Höhe h), so läßt sich das Meßergebnis von Dryden und Hill in einer einzigen Zahl ausdrücken. Sie fanden für die von ihnen untersuchte Meßebene des Schornsteins $c'_W = 0{,}67$, d. i. beinahe *das Doppelte* desjenigen Wertes, der nach Windkanalversuchen erwartet werden müßte, *wenn* die zwischen Original und Modell bestehenden Unterschiede in der Reynoldsschen Zahl und in der relativen Rauhigkeit ohne Einfluß wären. (Es handelt sich um Windkanalversuche von Dryden und Hill und um hiermit in Übereinstimmung befindliche unveröffentlichte Göttinger Versuche an kreiszylindrischen Schornsteinmodellen. Die Modelle bestanden in beiden Fällen aus gezogenem Messingrohr. Die höchste erreichte Reynoldssche Zahl ist $R = 6{,}5 \cdot 10^5$.)

Die Differenz der Widerstandsbeiwerte für Original und Modell muß dem Unterschied in der Reynoldsschen Zahl und in der Rauhigkeit zur Last gelegt werden. Die Frage ist allerdings: zu welchen Teilen? Dryden und Hill haben die Frage nicht diskutiert. Eine exakte Antwort ist auf Grund des von ihnen vorgelegten Materials auch nicht zu geben. Der Zusammenhang läßt sich aber mit großer Wahrscheinlichkeit erschließen, wenn man die Windkanalversuche von Fage und Warsap[1] an rauhen, unendlich langen Kreiszylindern heranzieht und dabei beachtet, daß erstens das c'_W der untersuchten Meßebene des Schornsteins ungefähr gleich dem c_W des ganzen Schornsteins ist (Ergebnis der Modellversuche), und daß zweitens in der überkritischen Strömungsphase, mit der man es hier allein zu tun hat, das Verhältnis von Durchmesser zu Länge nur von geringem Einfluß auf das aerodynamische Verhalten des Zylinders ist[1].

Die untersuchten Schornsteinmodelle sind als technisch glatt anzusprechen, der Schornstein selbst ist dagegen rauh, seine relative Rauhigkeit wird ungefähr $\frac{\varepsilon}{D} = 5 \cdot 10^{-4}$ betragen (Angaben darüber fehlen), entsprechend einer mittleren Rauhigkeitserhebung $\varepsilon = 2$ mm, wie sie Ziegelmauerwerk etwa entspricht. Für relative Rauhigkeiten dieser Größenordnung fanden nun Fage und Warsap unmittelbar nach Überschreiten der kritischen c_W-Zone Widerstandsbeiwerte, die rd. 100% größer sind als die analogen Werte für glatte Zylinder, d. h. also c_W-Werte, die mit dem gemessenen Wert 0,67 des Schornsteins praktisch übereinstimmen. Man muß daher vermuten, daß der c_W-Wert eines Kreiszylinders in der durch Messungen heute noch nicht belegten Zone zwischen $R =$ rd. $6{,}5 \cdot 10^5$ und $R =$ rd. $3 \cdot 10^6$ von der Reynoldsschen Zahl *nicht wesentlich abhängig* ist. Höchstwahrscheinlich geht daher die Widerstandsdiskrepanz zwischen Schornstein und Schornsteinmodell fast vollständig auf Unähnlichkeit der Rauhigkeiten zurück. Gestützt wird dieser Schluß durch die Tatsache, daß Dryden und Hill für den 10×30-Fuß-Zylinder ihrer Vorversuche, dessen Wandung wie die der Schornsteinmodelle technisch glatt war, bei der gleichen Reynoldsschen Zahl wie beim Schornstein, also bei $R =$ rd. $3 \cdot 10^6$, in Zweidrittelhöhe $c'_W = 0{,}28$ fanden. Liefern neue Messungen eine exakte Bestätigung des gezogenen Schlusses, so ist dem Modellversuch über den Winddruck auf gewölbte Baukörper die notwendige Grundlage gegeben.

Interessant ist ein Vergleich der Ergebnisse von Dryden und Hill mit den seit dem Jahre 1902 gültigen amtlichen preußischen Bestimmungen über die Berechnung des Winddrucks auf Schornsteine. In diesen Bestimmungen wird, in unsere Schreibweise übertragen,

$$W = 0{,}67 \frac{\varrho}{2} v^2 F$$

gesetzt, wobei $v =$ rd. 45 m/s für das Binnenland und $v =$ rd. 55 m/s für das Küstengebiet genommen werden soll. Der Widerstandsbeiwert $c_W = 0{,}67$ stimmt also genau mit dem von Dryden und Hill gemessenen c'_W-Wert überein, der (s. oben) angenähert dem Mittelwert für den ganzen Schornstein entspricht. Die vorgeschriebenen Maximalgeschwindigkeiten sind dagegen etwas niedrig. Als Angriffspunkt der resultierenden Windkraft schreiben die amtlichen Bestimmungen den Schwerpunkt der vertikalen Projektionsfläche des Schornsteins vor, d. h. es wird gleichmäßige Verteilung des Winddrucks längs der Schornsteinhöhe angenommen. In Wirklichkeit ist die Verteilung auch bei konstanter Windgeschwindigkeit längs der Schornsteinachse ungleichförmig. Die dadurch bedingte Änderung des Kippmoments brachte im Modellversuch jedoch nur eine Vergrößerung um knapp 2%, also einen Effekt, der praktisch bedeutungslos ist. O. Flachsbart.

[1] Fage and Warsap, The effects of turbulence and surface roughness on the drag of a circular cylinder. Reports and Memoranda Nr. 1283. London 1930. (Die Zylinder wurden durch aufgelegtes Glaspapier rauh gemacht. Die Rauhigkeits*art* ist daher auch bei gleicher relativer Rauhigkeit eine etwas andere als die des Ziegelmauerwerks. Dieser Umstand ist bei der nachfolgenden Abschätzung außer Betracht gelassen.)

[1] O. Flachsbart, a. a. O.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.